



**PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGIN TERHADAP
KEKUATAN TARIK, BENDING, DAN KEKERASAN
PENGELASAN SMAW BAJA ST 41**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Dalam Rangka Penyelesaian Studi

Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Mesin

Oleh :

AKHIRRUDIN AKBAR SARIDAYAT

NPM. 6414500014

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL

2021

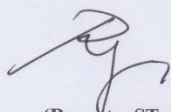
LEMBAR PERSETUJUAN

Disetujui Dosen Pembimbing untuk dipertahankan dihadapan Sidang Dewan

Penguji Skripsi Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal


Tegal, 23 Februari 2021

Pembimbing I



(Rusnoto, ST., M.Eng)
NIPY.14054121974

Pembimbing II



(Drs. Drajat Samyono, MT)
NIPY.0023105402

LEMBAR PENGESAHAN

Telah dipertahankan dihadapan Sidang Dewan Penguji Skripsi Fakultas Teknik

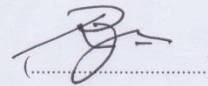
Universitas Pancasakti Tegal

Pada Hari : Selasa

Tanggal : 23 Februari 2021

Penguji 1

Rusnoto, ST., M.Eng
NIPY.14054121974



(.....)

Penguji 2

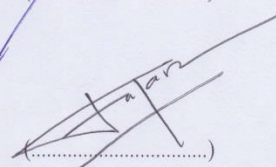
Ahmad Farid, ST., MT
NIPY.191511101978



(.....)

Penguji 3

M. Fajar Nurwildani, ST., MT
NIPY.19856101978



(.....)



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul **“Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik, Bending, Dan Kekerasan Pengelasan SMAW Baja ST 41”**. Ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak akan melakukan penjiplakan atau mengutip dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini saya siap menanggung resiko/sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Tegal,

Saya membuat pernyataan



Akhirrudin Akbar Saridayat

Npm. 6414500014

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Apabila anda berbuat kebaikan kepada orang lain, maka anda telah berbuat baik terhadap diri sendiri (Benyamin Franklin).
2. Bagian terbaik dari hidup seseorang adalah perbuatan-perbuatan baiknya dan kasihnya yang tidak diketahui orang lain (William Wordsworth).
3. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap (QS. Al-Insyirah, 6-8)
4. Pendidikan merupakan senjata paling umpuh yang bisa kamu gunakan untuk merubah dunia (Nelson Mandela)
5. Jangan takut akan kegagalan karena kegagalan adalah awal dari suksesmu(Penulis).

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah Subhanahu Wata'ala atas segala rahmat dan hidayahnya, kupersembahkan karya ini:

1. Bapak dan Ibu tersayang (Ating Supardi dan Tales Trenggono) yang telah memberikan kasih sayang, doa yang tulus serta dukungan moril dan materilnya.
2. Teman-teman seperjuangan yang aku cintai dan sayangi
3. Semua karyawan LIK, terimakasih atas bimbingan dan bantuannya selama proses pengujian
4. Bapak Rusnoto, ST., M.Eng dan Soebyakto, MT terimakasih atas bimbingan dan bantuannya semoga nasehat –nasehat yang bapak berikan bisa menjadi semangat buat penulis untuk menjadi pribadi yang lebih baik
5. Dwi Yulianingsih yang aku cintai dan sayangi terimakasih telah menjadi penyemangat dalam menyelesaikan skripsi ini

ABSTRAK

Akhirrudin Akbar Saridayat, 2021 “**Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik, Bending, Dan Kekerasan Pengelasan smaw Baja St 41**” Skripsi, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pancsakti Tegal 2021.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari akibat proses pendinginan pengelasan dengan menggunakan media pendingin air, *collant*, dan oli pada pengelasan SMAW terhadap kekuatan tarik, bending dan kekerasan pada baja ST41.

Adapun yang menjadi latar belakang penulis karena dimasa ini industri pengelasan berkembang secara pesat. Pengelasan Secara modern, juga terdapat pengelasan secara tradisional. Proses pengelasan tradisional menggunakan peralatan yang sederhana, proses pendinginan selalu menggunakan air. Peralatan yang dihasilkan relatif getas karena hanya menggunakan media pendingin air.

Metode penelitian yang digunakan dalam skripsi ini adalah eksperimen, dibagi menjadi 3 pengujian dan 3 variasi pendingin, pendinginan air, coolant, dan oli sae 40. Spesimen pengujian tarik yang di gunakan standar ASTM E8, spesimen pengujian bending yang di gunakan standar E190, spesimen pengujian kekerasan yang di gunakan standar E92

Hasil pengujian tarik pengelasan dengan media pendingin air rata-rata sebesar, 182,86 Mpa, media pendingin coolant rata-rata sebesar 245,49Mpa, dan media pendingin oli sae 40 rata-rata sebesar 239,84 Mpa. Jadi nilai kekuatan terbaik di variasi media pendingin coolant dengan nilai rata-rata sebesar 245,49 Mpa.

Hasil pengujian bending pengelasan dengan media pendingin air rata-rata sebesar 86,87 Mpa, media pendingin coolant rata-rata sebesar 112,45 Mpa, dan media pendingin oli sae 40 rata-rata sebesar 97,29 MPa. Jadi nilai kekuatan terbaik di variasi media pendingin coolant dengan nilai rata-ratas sebesar 112,45 Mpa.

Hasil pengujian kekerasan pengelasan dengan media pendingin air rata-rata sebesar 251,22 VHN, media pendingin coolant rata-rata sebesar 183,01 VHN, dan media pendingin oli sae 40 rata-rata sebesar 227,82 VHN. Jadi nilai kekuatan terbaik di variasi media pendingin air dengan nilai rata-ratas sebesar 251,22 VHN..

Kata Kunci: Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Pengelasan Baja ST

ABSTRACT

Akhirrudin Akbar Saridayat, 2021 **"The Effect of Cooling Media Variations on Tensile Strength, Bending, and Welding Hardness of Steel Smaw St 41"** Thesis, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Pancsakti University, Tegal 2021.

This study aims to determine the effect of the effect of the cooling process using water, collant, and oil cooling media on SMAW welding on the tensile strength, bending and hardness of ST41 steel.

As for the background of the author because at this time the welding industry is growing rapidly. Welding In modern, there is also traditional welding. The traditional welding process uses simple equipment, the cooling process always uses water. The resulting equipment is relatively brittle because it only uses water cooling media.

The research method used in this thesis is experimental, divided into 3 tests and 3 variations of cooling, water cooling, coolant, and sae 40 oil. Tensile test specimens used ASTM E8 standards, bending test specimens used E190 standard, test specimens the hardness used is the E92 standard

The results of the welding tensile test with an average water cooling medium of 182.86 MPa, an average coolant medium of 245.49 Mpa, and an average sae 40 oil cooling medium of 239.84 Mpa. So the best strength value in the coolant cooling media variation with an average value of 245.49 Mpa.

The results of the welding bending test with water cooling media an average of 86.87 MPa, coolant media coolant an average of 112.45 MPa, and oil cooling medium sae 40 an average of 97.29 MPa. So the best strength value in the coolant cooling media variation with an average value of 112.45 Mpa.

The results of the welding hardness test with water cooling media were 251.22 VHN on average, the coolant medium was 183.01 VHN, and oil coolant sae 40 was 227.82 VHN on average. So the best strength value in the variation of water cooling media with an average value of 251.22 VHN ..

Keywords: Effect of Cooling Media Variation on Welding of ST 41 Steel

PRAKATA

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga penulis berhasil menyelesaikan laporan skripsi ini yang berjudul “variasi larutan air dan garam pada proses hardening baja karbon rendah (st 41) untuk cutting tool”. Penyusun skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat dalam rangka menyelesaikan studi strata 1 Program Studi Teknik Mesin.

Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Dr, Agus Wibowo, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal
2. Bapak Rusnoto, ST., M.Eng, selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan dorongan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Drs. Drajat Samyono, MT, selaku dosen Pembimbing II skripsi ini yang dengan penuh kesabaran telah memberikan petunjuk, bimbingan, arahan dan motivasi.
4. Segenap Dosen dan staf Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal.
6. Bapak dan Ibu tersayang (Ating Supardi dan Tales Trenggono) yang telah memberikan kasih sayang, doa yang tulus serta dukungan moril dan materilnya.
7. Dwi Yulianingsih kekasih tercinta yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini.
8. Teman – teman yang telah membantu dan penyemangat dalam penelitian ini.
9. Semua pihak yang telah membantu hingga laporan ini selesai, semoga bantuan dan bimbingan yang telah diberikan mendapat balasan yang sesuai dari Allah SWT.

Penulis telah mencoba membuat laporan ini sesempurna mungkin semampu kemampuan penulis, namun demikian mungkin ada yang kekurangan yang tidak terlihat oleh penulis untuk itu mohon masukan untuk kebaikan dan pemaafannya. Harapan penulis, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Tegal, 8 februari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	xiii
 BAB I	
PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Batasan Masalah.....	3
C. Rumusan Masalah.....	4
D. Tujuan Penelitian.....	4
E. Manfaat Penelitian.....	5
F. Sistematika Penulisan.....	6
BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Landasan Teori.....	8
1. Baja Karbon.....	8
2. Baja ST 41.....	11
3. Jembatan.....	11
4. Pengelasan.....	14
5. Penjelasan SMAW (<i>Shield Metal Arc Welding</i>).....	19
6. Pengujian Tarik (<i>Tensile Test</i>).....	21

	7. Pengujian Lengkung (<i>Bending Test</i>).....	21
	8. Pengujian Kekerasan.....	22
	9. Struktur Mikro.....	26
	10. Pendingin.....	26
	B. Tinjauan Pustaka.....	31
BAB III	METODE PENELITIAN.....	36
	A. Metode Penelitian.....	36
	B. Waktu dan Tempat Penelitian.....	36
	C. Instrumen Penelitian dan Desain Pengujian.....	38
	D. Teknik Pengambilan Sampel.....	42
	E. Variabel Penelitian.....	43
	F. Metode Pengumpulan Data.....	44
	G. Analisa Data.....	45
	H. Diagram Alur Penelitian.....	48
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	49
	A. Hasil Penelitin.....	49
	1. Pengujian Komposisi.....	49
	2. Pengujian Tarik.....	50
	3. Pengujian Lengkung (<i>Bending Test</i>).....	53
	4. Pengujian Kekerasan.....	56
	B. Pembahasan.....	58
BAB V	PENUTUP	
	A. Simpulan.....	60
	B. Saran.....	61
	DAFTAR PUSTAKA.....	62
	LAMPIRAN.....	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Spesifikasi Elektroda Terbungkus Dari Baja Lunak.....	17
Tabel 3.1. Rencana Jadwal Penelitian.....	37
Tabel 3.2. Lembar Pengujian <i>Tarik</i>	46
Tabel 3.3. Lembar Pengujian <i>Bending</i>	46
Tabel 3.4. Lembar Pengujian Kekerasan.....	47
Tabel 4.1. Pengujian Komposisi Dari Baja ST 41.....	49
Tabel 4.2. Hasil Pengujian <i>Tarik</i> Spesimen Baja ST 41.....	50
Tabel 4.3. Hasil Pengujian <i>Tarik Raw Material</i> Baja ST 41.....	52
Tabel 4.4. Hasil Pengujian <i>Bending</i> Spesimen Baja ST 41.....	53
Tabel 4.5. Hasil Pengujian <i>Bending Raw Material</i> Baja ST 41.....	55
Tabel 4.6. Hasil Pengujian <i>Kekerasan</i> Spesimen Baja ST 41.....	56
Tabel 4.7. Hasil Pengujian <i>Kekerasan Vickers Raw Material</i> Baja ST 41.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Sambungan Las Di Jembatan.....	3
Gambar 2.1 DiagramFasa Fe-Fe ₃ C.....	10
Gambar 2.2.Las Busur.....	14
Gambar 2.3 Arus Searah Elektroda Positif.....	18
Gambar 2.4 Arus Searah Elektroda Negatif.....	19
Gambar 2.5Kurva Tegangan-regangan Rekayasa.....	20
Gambar 2.6Garis-garis pendinginan diagram	28
Gambar 3.1 Tempat Untuk Media Pendingin.....	38
Gambar 3.2 Mesin Uji Tarik.....	39
Gambar 3.3 Mesin Uji Bending.....	39
Gambar 3.4 Mesin Uji Kekerasan.....	40
Gambar 3.5 Spesimen Uji Tarik.....	40
Gambar 3.6 Spesimen Uji Bending.....	41
Gambar 3.7 Spesimen Uji Kekerasan.....	41
Gambar 4.1 Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik.....	51
Gambar 4.2 Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekuatan Bendin.	54
Gambar 4.3 Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekuatan Kekerasan.	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Menghitung Kekuatan Tarik, bending, kekerasan.....	63
Lampiran 1. Proses Pengelasan.....	70
Lampiran 2. Proses Pengujian Tarik.....	72
Lampiran 3. Proses Pengujian Bending.....	73
Lampiran 4. Proses Pengujian Kekerasan.....	74

ARTI LAMBANG, SATUAN DAN SINGKATAN

HVN	: Nilai Kekerasan Vickers
L	: Panjang awal (mm)
A	: Luas penampang awal (mm^2)
P _{max}	: Beban tarik maksimum (kN)
σ	: Kuat tarik (N/mm^2)
b	: Lebar
d	: Tebal
P	: beban yang di gunakan
D	: panjang diagonal rata-rata
θ	: sudut antara intan yang berhadapan = 136°
F	: Beban yang diterapkan (N)
D	: Diameter Indentor (mm)
d	: Diameter Jejak (mm)
ST	: Strenght Tensile
D ₀	: Diameter Awal (mm)
A ₀	: Luas Penampang awal (mm^2)
L ₀	: Panjang Awal (mm)
F _{max}	: Beban Maksimum (kN)
σ_B	: Kuat Tarik (N/mm^2)

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pengelasan (*welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan tekanan atau tanpa tekanan. Salah satu pengelasan yang sering digunakan dalam dunia pengelasan adalah proses *SMAW (shielded metal arc welding)* atau pengelasan busur listrik elektroda terbungkus. Logam induk mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Elektroda yang digunakan berupa kawat yang dibungkus oleh pelindung berupa *flux*. Selama pengelasan, elektroda akan mengalami pencairan bersama dengan logam induk yang menjadi kampuh las. Pengelasan memunculkan efek pemanasan setempat dengan temperature tinggi yang menyebabkan logam mengalami ekspansi termal maupun penyusutan saat pendinginan. Hal itu menyebabkan terjadinya tegangan- tegangan pada daerah las. Tegangan-tegangan ini terjadi pada pelat yang dilas ini terjadi sampai temperature kamar. Tegangan ini disebut tegangan sisa. Jika tegangan yang tersisa itu tegangan tarik maka akan membahayakan kontruksi las, karena akan mengakibatkan retak.

Adanya perubahan sifat fisis dan sifat mekanis pada baja karbon setelah proses pengelasan, maka perlu adanya perlakuan pendinginan yang berbeda. Hal ini bertujuan untuk menentukan struktur yang terbentuk sehingga kekuatan tarik dan kekerasan hasil las yang diperoleh dapat

maksimal. Media pendingin yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah air, collant dan oli.

Baja karbon adalah paduan unsur logam besi (Fe) dan unsur non logam karbon (C). Zat besi dan karbon yang terpadu secara kimiawi terbentuk menjadi bahan lain yang disebut besi karbit (Fe_3C) atau disebut juga sementitn Baja ST 41 merupakan salah satu dari golongan baja karbon rendah dimana baja ini memiliki kombinasi sifat mekanik yang baik seperti : kekerasan, keuletan dan ketangguhan yang baik. Baja karbon rendah sering di gunakan untuk bagian-bagian mesin seperti: gear, rantai, skrup dan poros dan lain-lain Jenis material yang akan di gunakan dalam penelitian ini adalah Baja ST 41.

Pembangunan jembatan sudah mengambil banyak bentuk struktural dari tahun ke tahun. Jembatan yang dapat dilalui bisa digolongkan berdasarkan fungsinya seperti jalan raya, jalan kereta api, pejalan kaki, dan sebagainya. Namun ada pula kelemahan di bagian materialnya seperti retaknya sambungan las pada kontruksi jembatan yang menggunakan baja dapat menyebabkan kepatahan pada konstruksi jembatan.

Air adalah suatu zat cair yang tidak mempunyai rasa, bau dan warna dan terdiri dari hidrogen dan oksigen dengan rumus kimia H_2O . Karena air mempunyai sifat yang hampir bisa digunakan untuk apa saja serta mudah didapat dan juga ketersediaannya masih banyak. Air memiliki massa jenis yang besar daripada air garam, kekentalannya rendah sama dengan air garam. Laju pendinginan air lebih lambat dari pada air garam. Dalam penelitian ini

air yang akan digunakan dalam proses pendinginannya yaitu air kran atau air tanah.

Tabel 1. Hasil Uji Tarik Media pendingin pada Las SMAW

No	Variasi Pendinginan	Jumlah Spesimen	Tensile strenght (Kgf/mm ²)
1	Pendingin air celup	A	104,62
		B	103,69
		C	107,16
2	Pendingin udara	A	109,38
		B	103,10
		C	111,73

Sumber ; Sultoni, Nurida Finahari, M. Agus Sahbana (2019), PROTON, Vol. 11

No. 1 /Hal. 35-42



Gambar 1.1. Sambungan las di Jembatan

Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul **“Pengaruh variasi media pendingin terhadap kekuatan tarik, bending dan kekerasan pengelasan smaw baja st 41”**

B. Batasan Masalah

Adanya beberapa faktor yang mempengaruhi sifat mekanis sambungan las yang dihasilkan, maka penelitian ini akan dibatasi pada pengaruh temperatur media pendingin. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variasi media pendingin yang digunakan dalam penelitian ini air, *collant*, oli.
2. Bahan yang digunakan penelitian ini Baja *ST 41* yang merupakan baja karbon rendah.
3. Sambungan las yang digunakan dalam penelitian ini adalah sambungan kampuh V dengan posisi *1G Down hand* atau bawah tangan.
4. Pengelasan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu pengelasan *SMAW* (*shielded metal arcwelding*). dengan dan menggunakan arus listrik *DC (+)* atau (*Direct Current Electrode Positive*) dengan *Voltage* 19 Volt.
5. Pengujian untuk mengetahui perubahan sifat mekanik dalam penelitian ini menggunakan pengujian tarik, bending dan pengujian kekerasan atau (*hardness vickerst test*).
6. Jenis elektroda yang di gunakan di penelitian ini elektroda RD-260.

7. Tegangan listrik yang di pakai 220 volt, dan memakai arus 110 ampere.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah di atas, rumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh variasi media pendingin air, *collant* dan oli pada pengelasan *SMAW* terhadap kekuatan tarik Baja ST 41?
2. Bagaimana pengaruh variasi media pendingin air, *collant* dan oli pada pengelasan *SMAW* terhadap kekuatan bending Baja ST 41?
3. Bagaimana pengaruh variasi media pendingin air, *collant* dan oli pada pengelasan *SMAW* terhadap kekerasan Baja ST 41?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini berdasarkan rumusan masalah di atas, adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi media pendingin air, *collant*, dan oli pada pengelasan *SMAW* terhadap kekuatan tarik Baja ST 41.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi media pendingin air, *collant*, dan oli pada pengelasan *SMAW* terhadap kekuatan bending Baja ST41.
3. Untuk mengetahui pengaruh variasi media pendingin air, *collant*, dan oli pada pengelasan *SMAW* terhadap kekerasan Baja ST 41.

E. Manfaat Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka diharapkan penelitian ini dapat di ambil manfaatnya, antara lain :

1. Bagi mahasiswa

Memberi pengetahuan dan informasi kepada mahasiswa tentang variasi media pendingin untuk pengelasan baja ST 41.

2. Bagi akademik

Sebagai referensi untuk perkembangan dan penelitian selanjutnya dan sebagai pustaka tambahan untuk penunjang proses pembelajaran.

3. Bagi industri

Sebagai masukan atau referensi untuk perkembangan media pendingin pada pengelasan.

F. Sistematika Penelitian

BAB I PENDAHULUAN

Berisi : Latar belakang masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penelitian.

BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

Berisi : Landasan teori dan tinjauan pustaka.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi : Metodologi penelitian, populasi, sampel dan teknik pengambilan sampel, variabel penelitian/fenomena yang diamati, metode pengumpulan data dan analisa data.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berisi : Penyajian data, analisa data dan pembahasan hasil penelitian.

BAB V PENUTUP

Berisi : Bab ini berisi tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan berdasarkan analisis dan data hasil penelitian serta berisi saran sebagai perbaikan dan masukan untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

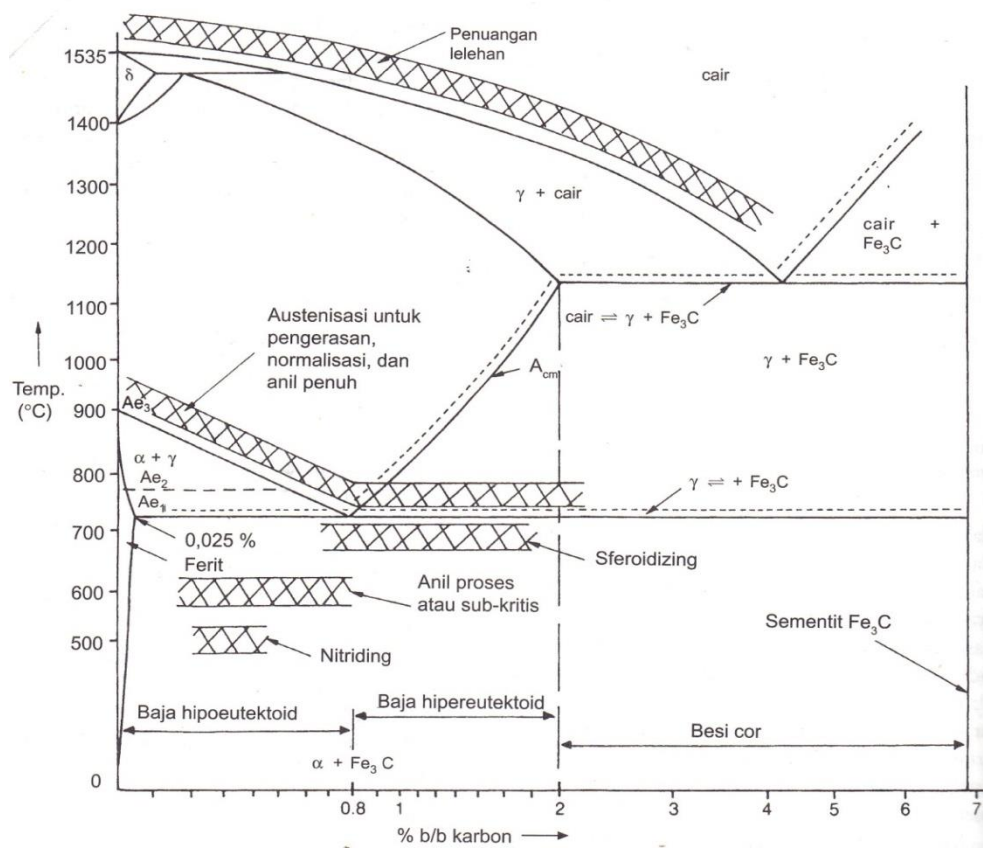
1. Baja Karbon

Baja Karbon adalah paduan unsur logam besi (Fe) dan unsur non logam karbon (C) Zat besi dan karbon yang terpadu secara kimiawi terbentuk menjadi bahan lain yang disebut besi karbit (Fe_3C) atau disebut juga semenit. Aplikasi dalam lingkungan teknik mesin beserta contohnya adalah sebagai berikut.

- a. Baja karbon rendah (*low carbon steel*), baja ini mengandung karbon dibawah 0,25% mempunyai sifat mudah ditempa dan mudah di mesin. Biasanya digunakan untuk *machine, machinery*, dan *mild steel*, yaitu :*automobile, building, pipes, chains, rivets, screws, nails, gears, axles, shaft, forgings, bridges*.
- b. Baja karbon menengah (*medium carbon steel*), baja ini mengandung karbon antara 0,25% - 0,45%. Kekuatannya lebih tinggi dari pada karbon rendah. Mempunyai sifat sulit dibengkokkan, dilas, dan dipotong. Biasanya digunakan untuk :*connecting rods, crank pins, car axles, crankshafts, rails, boiler, screwdrivers, hammers*.
- c. Baja karbon tinggi (*high carbon steel*), baja ini mengandung karbon diatas 0,45%. Mempunyai sifat sulit dibengkokkan, dilas, dan dipotong. Biasanya digunakan untuk *tool steel* yaitu : *screw*

drivers, blacksmiths hammers, tables knives, screws, hammers, vise jaws, knives, drills tools, reamers, tools for turning hard metals, saw for cutting steel, wire drawing dies, fine cutters.

Semakintinggi kadar karbon maka noda hitam (*flek perlit*) semakin banyak dan ferrlit/besi murni (*flek putih*) semakin berkurang. Setelah kadar karbon mencapai 0,85% maka besi akan jenuh terhadap karbon. Strukturnya disebut “*Perlit Laminer*” yaitu campuran yang memiliki kristal sangat halus dan berbentuk batang, terdiri dari perlit dan sementit. Semakin tinggi kadarkarbon maka baja semakin keras. Sistem paduan besi dan karbon mempunyai diagram keseimbangan sebagai berikut ;



Gambar 2.1. Diagram fasa sistem Fe – Fe₃C (*garis terputus menunjukan kesetimbangan besi – grafit*)

Sumber : Djafrie, 1994. Metalurgi Fisik Modern & Rekayasa Material, Jakarta: Erlangga

Titik – titik yang penting pada diagram fasa ini adalah :

- α -Fe (bcc), γ -Fe (fcc) dan δ - Fe (bcc) adalah titik alotropi besi murni.
- fasa- α (ferit), fasa- γ (austenit), fasa- δ adalah titik larutan padat primer.

- A_{e1} , A_{e2} , A_{e3} dan A_{cm} adalah titik temperatur perubahan fasa dan merupakan titik tetap kesetimbangan yang dideteksi selama analisis termal.
- Pada temperatur A_{e1} menghasilkan mikro struktur perlit, komposit lamellar terdiri dari ferit (0,025% C awal) yang lunak dan ulet serta sementit (6,67% C) yang keras dan getas.
- Pencelupan atau kuens austenit dari temperatur diatas A_{e3} menghasilkan fasa metastabil keras bernama martensit.

2. Baja ST 41

Baja ST 41 adalah salah satu dari baja karbon rendah. Bahan ini termasuk dalam golongan baja karbon rendah karena komposisinya mengandung karbon sebesar 0,08%-0,20%. Baja karbon rendah sering digunakan dalam komponen mesin-mesin industri seperti gear, rantai, skrup dan poros. Selain itu juga baja ST 41 juga digunakan sebagai handle rem sepeda motor, bodi mobil, pipa saluran, konstruksi jembatan, rivet. Baja ST 41 juga merupakan baja struktur sifat-sifat yang dimiliki oleh baja ST 41 mempunyai kekuatan yang cukup tinggi, mempunyai nilai kekerasan yang cukup, stabilitas dimensi yang baik.(Media Nofri, 2017)

3. Jembatan

Jembatan adalah satu struktur yang dibuat untuk menyeberangi jurang atau rintangan seperti sungai, rel kereta api ataupun jalan raya.

Jembatan dibangun untuk membolehkan laluan pejalan kaki, pemandu kenderaan atau kereta api diatas halangan itu.

Jembatan terdiri dari enam bagian pokok yaitu:

1. Bagian atas jembatan, yaitu: bagian struktur jembatan yang berada pada bagian atas jembatan, yang berfungsi untuk menampung beban-beban yang di timbulkan oleh lalu lintas orang dan kendaraan dan juga yang lainnya kemudian menyalurkannya ke bangunan bawah.
2. Landasan adalah bagian ujung bawah dari suatu bagian atas jembatan yang berfungsi menyalurkan gaya-gaya reaksi dari bangunan atas ke bangunan bawah.
3. Bagian bawah jembatan yaitu bagian struktur jembatan yang berada dibawah struktur atas jembatan yang berfungsi untuk menerima/memikul beban-beban yang diberikan bangunan atas dan kemudian menyalurkannya ke pondasi.
4. Pondasi yaitu bagian struktur jembatan yang berfungsi untuk menerima bebanbeban dari bangunan bawah dan menyalurkannya ke tanah.
5. Oprit yaitu timbunan tanah di belakang abutment , timbunan tanah ini harus dibuat sepadat mungkin, untuk menghindari terjadinya settlement.

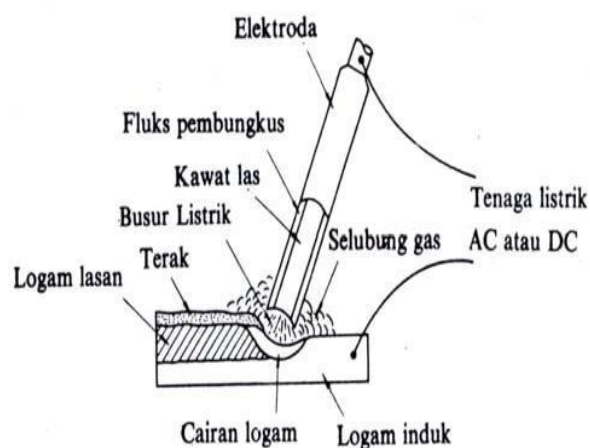
4. Pengelasan (*Welding*)

Pengelasan adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Berdasarkan definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas (Daryanto, 2012: 10).

Prosedur pengelasan dianggap sangat sederhana, namun sebenarnya di dalamnya terdapat permasalahan-permasalahan yang harus diatasi. Untuk memecahkan permasalahan-permasalahan tersebut, membutuhkan berbagai pengetahuan. Oleh sebab itu dalam pengelasan, pengetahuan harus turut serta mendampingi praktik. Secara lebih rinci, dapat dikatakan bahwa dalam perancangan konstruksi bangunan dan mesin dengan sambungan las, harus direncanakan pula tentang cara pengelasan, cara pemeriksaan, bahan las dan jenis las yang akan dipergunakan berdasarkan fungsi dari bagian-bagian bangunan atau mesin yang di rancang (Wiryosumarto, et. al 2000: 1).

5. SMAW (Shield Metal Arc Welding)

Proses SMAW disebut juga proses MMAW (*Manual Metal Arc Welding*). Logam induk mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Elektroda yang dipakai berupa kawat yang dibungkus oleh pelindung berupa fluks dan disebut kawat las. Las busur listrik dengan metode elektroda terbungkus adalah cara pengelasan yang banyak di gunakan masa ini, cara pengelasan ini menggunakan elektroda yang di bungkus dengan fluks. Las busur listrik terbentuk antara logam induk dan ujung elektroda, karena panas dari busur, logam induk dan ujung elektroda mencair dan membeku bersama.



Gambar 2.2 Las Busur (Wiryo sumarto dan Okumura2004:9)

Pada gambar 2.2 Diatas menjelaskan tentang proses pengelasan busur dengan elektroda terbungkus, elektroda yang digunakan untuk pengelasan sedikit demi sedikit akan habis karena logam pada elektroda dipindahkan ke bahan dasar selama proses pengelasan. ketelitian yang tinggi diperlukan pada waktu pengelasan, tinggi rendahnya elektroda tetap harus dijaga. Elektroda atau kawat las menjadi bahan pengisi dan lapisannya sebagian berubah menjadi gas pelindung, sebagian menjadi terak, dan sebagian lagi diserap oleh logam las. Bahan pelapis elektroda adalah campuran seperti lempung yang terdiri dari pengikat silikat dan bahan bubuk, seperti senyawa flour, karbonat, oksida, paduan logam, dan selulosa. Pemindahan logam dari elektroda ke bahan yang dilas terjadi karena penarikan molekul dan penarikan permukaan tanpa pemberian tekanan. Perlindungan busur nyala mencegah kontaminasi atmosfer pada cairan logam dalam arus busur dan kolam busur, sehingga tidak terjadi penarikan nitrogen dan oksigen serta pembentukan nitrit dan oksida yang dapat mengakibatkan kegetasan.

Pada pengelasan SMAW fluks memegang peranan penting karena *fluks* dapat bertindak sebagai pemantap busur dan penyebab kelancaran pemindahan butir-butir cairan logam, sumber terak atau

gas yang dapat melindungi logam cair terhadap udara disekitarnya dan sumber unsur-unsur paduan (Wiryosumarto dan Okumura, 2004:10).

1. Elektroda dan alur pengelasan

Elektroda terdiri dari dua jenis bagian yaitu bagian yang bersalut (*fluks*) dan bagian yang tidak bersalut, bagian ini merupakan ujung pangkal untuk menjepitkan tang las. Pada dasarnya bila ditinjau dari logam yang dilas, kawat elektroda dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis yaitu elektroda untuk baja lunak, baja karbon tinggi, baja paduan, besi tuang, dan logam non ferro. *Flux* biasanya terdiri dari bahan-bahan tertentu dengan perbandingan yang tertentu pula. Bahan-bahan yang digunakan dapat digolongkan dalam bahan pemantapan busur, pembuat terak, penghasil gas, deoksidator, unsur paduan dan bahan pengikat. Bahan-bahan tersebut antara lain oksida-oksida logam, karbonat, silikat, *fluoride*, zat organik, baja paduan dan serbuk besi.

Arus yang digunakan untuk pengelasan SMAW harus diperhatikan, karena kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh energi panas yang berarti juga dipengaruhi oleh arus las. Las SMAW dapat menggunakan arus searah maupun arus bolak-balik. Ada dua jenis polaritas pada las SMAW yang digunakan yaitu polaritas langsung dan polaritas terbalik. Pada polaritas langsung elektroda berhubungan dengan terminal negatif sedangkan pada polaritas terbalik elektroda berhubungan dengan terminal

positif. Besar kecilnya arus dapat diatur dengan alat yang ada pada mesin las.

Penggunaan arus yang terlalu kecil akan mengakibatkan penembusan las yang rendah, sedangkan arus yang terlalu besar akan mengakibatkan melebarnya cairan las yang dan deformasi yang besar dalam pengelasan.

Tabel 2.1 Spesifikasi Elektroda Terbungkus Dari Baja Lunak

Klasifikasi	Posisi	Kekuatan	Perpanjangan
		Kekuatan	an (%)
Jenis	Jenis	an	lulu
AWS	ela	tari	h
A	s	list	k (kg/m
ST	An	rik	(kg/ m ²)
M		mm	
		2)	

Kekuatan tarik terendah kelompok E70 setelah dilaskan adalah 70.000 psi atau 49,2 kg/mm²

E7014	Serbuk	F,V,O	DC	50,6	42,2	17
	bes	H,	po			
	i,	H	lar			
			ita			

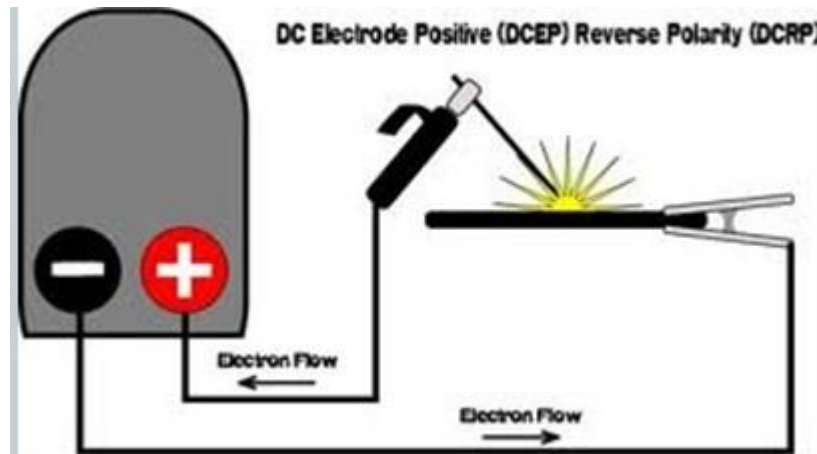
Titania		s				
Balik						
Natriu		AC				
E7015	m	F,V,O	ata	50,6	42,2	22
	hid		u			
	rog		D			
	en		C			
	Renda		po			
h		lar				
		ita				
		s				
Balik						

Sumber: Wiryosumarto (2004: 14)

Untuk mesin Las SMAW dengan arus DC dibagi lagi menjadi dua polaritas yaitu polaritas DCEP (Direct Current Electroda Positif) dan DCEN (Direct Current Electroda Negatif).

Polaritas Las SMAW :

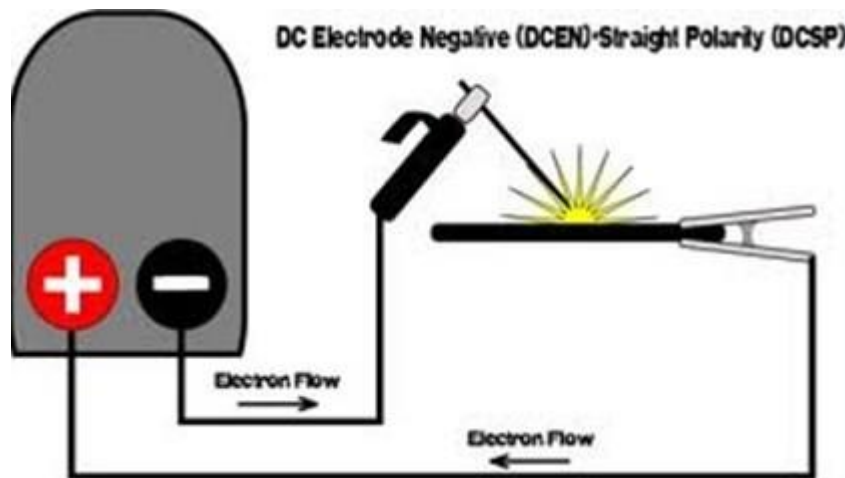
- **Direct Current Elektroda Positif.**



Gambar 2.3 Arus Searah Elektroda Positif

- Polaritas DCEP Adalah pengelasan SMAW kutub positif dihubungkan dengan kabel yang disambungkan pada holder atau kabel elektroda. Sedangkan kutub negatif dihubungkan dengan benda kerja, Polaritas ini juga disebut dengan DCRP (Direct Current Reverse Polarity).

- **Direct Current Elektroda Negatif**

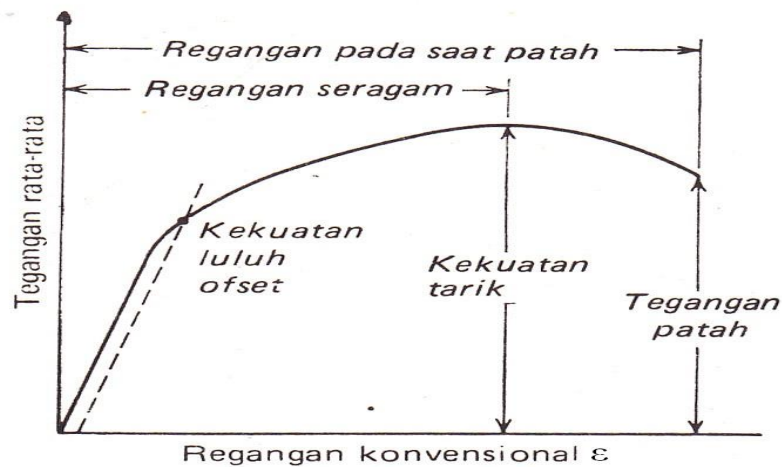


Gambar 2.4 Arus Searah Elektroda Negatif

- Polaritas DCEN adalah pengelasan SMAW kutub negatif dihubungkan dengan kabel elektroda, sedangkan kutub positif dihubungkan dengan benda kerja, Polaritas ini juga disebut dengan DCSP (Direct Current Straight Polarity).

6. Pengujian Tarik (*Tensile Test*)

Uji tarik rekayasa banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Pada uji tarik benda uji diberi bebangaya tarik sesumbu yang bertambah besar secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan benda uji.



Gambar 2.5. Kurva tegangan – regangan rekayasa

Sumber : Dieter, 1996 ; 278

Bentuk dan besaran pada kurva tegangan–regangan suatu logam tergantung pada komposisi, perlakuan panas, deformasi plastis yang pernah dialami, laju regangan, suhu dan keadaan tegangan yang menentukan selama pengujian. Parameter–parameter yang digunakan untuk menggambarkan kurva tegangan–regangan logam adalah sebagai berikut :

1. Kekuatan tarik atau kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) (UTS), adalah beban maksimum dibagi luas penampang lintang awal benda uji, persamaannya adalah :

$$\sigma_u = \frac{P_{maks}}{A_0} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana : σ_u = tegangan tarik maksimum (N/mm²)

P_{maks} = beban maksimum (kN)

A_0 = luas penampang lintang awal (mm^2)

2. Cara yang lazim untuk mengukur keliatan (keuletan) yang diperoleh dari uji tarik adalah regangan teknik pada saat patah ε (biasanya dinamakan *perpanjangan*). Besarnya regangan adalah perbandingan antara selisih panjang sesudah putus dan panjang mula-mula kemudian dibagi panjang mula-mula. Rumus besarnya regangan adalah :

$$\varepsilon = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana : ε = Regangan (%)

L_f = Panjang sesudah putus (mm)

L_0 = Panjang mula – mula (mm)

7. Pengujian Lengkung (*Bending Test*)

Pengujian lengkung (*Bending Test*) dapat dilakukan terhadap bahan getas. Untuk bahan liat dimaksudkan agar dapat menentukan adanya cacat (*flaw*) dan retakan pada permukaan. Demikian juga pada pengujian lengkung dapat menentukan mampu deformasi untuk ukuran tertentu dengan radius bengkok tertentu sampai sudut bengkok tertentu, dengan diberi deformasi tertentu. Bahan tipis dapat dibengkokkan dengan memegangnya pada catok dan bahan tebal dapat dibengkokkan dengan mempergunakan dongkrak hidrolik. (Tata Surdia, 1987 ; 21).

Pengujian lengkung bagi bahan keras dan getas adalah cara terbaik untuk menentukan kekuatan dan kegetasan karena alasan

berikut ini : menurut standar ada beberapa hal bagi besi cor, logam keras, keramik dan lain sebagainya yaitu :

- a. batang uji yang sederhana dan untuk bahan sukar diproses.
- b. Pada pengujian ini diharapkan terjadi patahan yang ideal dari bahan getas.

Persamaan kekuatan tegangan bending :

$$\sigma_b = \frac{3 P L}{2 b d^2} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

σ_b = Kekuatan tegangan *bending* (Mpa)

P = Beban atau gaya yang terjadi (kN)

L = Jarak antar penumpu (mm)

d = Ketebalan benda uji (mm)

8. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan adalah satu dari sekian banyak pengujian yang di pakai, karena dapat di laksanakan pada benda uji yang kecil tanpa kesukaran mengenai spesifikasi. Kekerasan (*hardness*) adalah salah satu sifat mekanik dari suatu material. Kekerasan di definisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penekanan. (Djaprie, 2000)

Di dalam aplikasi manufaktur, material di lakukan pengujian dua pertimbangan yaitu untuk mengetahui karakteristik suatu material baru dan melihat mutu untuk memastikan suatu material memiliki spesifikasi tertentu. Pengujian kekerasan di lakukan dengan menekan

sebuah indentor ke permukaan benda uji. Ukuran hasil penekanan di konversikan ke angka kekerasan. Hasil pengujian kekerasan tidak dapat di aplikasikan langsung dalam mendesain suatu kontruksi seperti halnya pengujian tarik. Namun demikian angka kekerasan material merupakan salah satu sifat mekanik yang penting dalam memilih suatu material. Pengujian kekerasan banyak dilakukan karena proses pengujian yang relatif sederhana dibandingkan dengan proses pengujian material lainnya.(Djaprie, 2000)

Hasil pengujian kekerasan dapat digunakan antara lain :

a. Menentukan penggunaan dari bahan

Klasifikasi suatu bahan dapat di dasarkan pada kekerasannya. Dari nilai kekerasan akan dapat ditentukan penggunaan dari bahan.

b. Kontrol kualitas suatu produk

Dengan pengujian kekerasan dapat diketahui homogenitas suatu bahan akibat suatu proses pembentukan dingin, pengelasan, *heat treatment*, *case hardening* dan sebagainya. Dengan demikian pengujian kekerasan dapat juga berfungsi sebagai kontrol terhadap proses yang dilakukan.

Pengujian kekerasan adalah sederhana, sehingga banyak dilakukan dalam pemilihan bahan. Ada beberapa macam alat penguji kekerasan yang dipergunakan sesuai dengan: bahan, kekerasan, ukuran dan lain-lain. Cara-cara pengujian kekerasan adalah sebagai berikut :

Pada pengujian kali ini peneliti menggunakan pengujian *Vickers*, Pengujian Vickers (HV / VHN). Dikenal juga sebagai Diamond Pyramid Hardness test (DPH). Uji kekerasan vickers menggunakan indentor piramida intan, besar sudut antar permukaan piramida intan yang saling berhadapan adalah 136 derajat. Ada dua rentang kekuatan yang berbeda, yaitu micro (10g – 1000g) dan macro (1kg –100kg).

Rumus Pengujian Vickers:

VHN = Angka kekerasan Vickers

$$VHN = 2 \cdot P \cdot \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

$$= \frac{(1,854) \cdot p}{d^2} = (\dots VHN)$$

Dimana :

VHN = Hardness Vickers Number

P = Beban (kg)

d = diagonal (mm)

Kelebihan pengujian Vickers

- Skala kekerasan yang kontinue untuk rentang yang luas, dari yang
- tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangan, dapat disesuaikan sangat lunak dengan nilai 5 maupun yang sangat keras dengan nilai 1500 karena indenter intan yang sangat keras
- dianjurkan untuk pengujian material yang sudah di proses case hardening, dan proses pelapisan dengan logam lain yang lebih keras
- Dapat dilakukan pada benda benda pada ketipisan 0,006 inchi

Kelemahan pengujian Vickers

- Membutuhkan waktu yang cukup lama untuk menentukan nilai kekerasan sehingga jarang dipakai untuk kebutuhan rutin.

Pengujian kekerasan benda khususnya logam sangat diperlukan dalam dunia industri/manufaktur. Meskipun masing masing metode pengujian kekerasan sesuai kebutuhan sehingga mendapatkan hasil material yang berkualitas.

9. Struktur Mikro

Mikro atau metalurgi adalah suatu bentuk susunan struktur yang terbentuk pada material logam dengan ukuran yang sangat kecil dan tidak beraturan, bentuknya berbeda-beda tergantung pada unsur dan proses yang dialami pada saat pembentukannya. Bentuk strukturnya hanya dapat dilihat bila menggunakan mikroskop optik. Mikro struktur logam dan paduan terbentuk selama proses solidifikasi dari keadaan cair ke padat akibat perubahan suhu. Sifat mekanis logam secara kontinyu mempunyai korelasi terhadap kekuatan, kekerasan dan keuletan dengan bentuk mikro strukturnya, sedangkan pengaruh cacat yang ada pada material logam dan paduannya dikaitkan dengan ketidak normalan struktur.

Analisis metalurgi dibedakan menjadi dua bagian yaitu analisis makroskopi dan analisis mikroskopi. Analisis makroskopi dapat dilakukan secara kasat mata, atau dengan menggunakan mikroskop dengan perbesaran maksimal 20 kali atau 20 : 1. Sedangkan analisis mikroskopi dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 20 kali

10. Pendingin

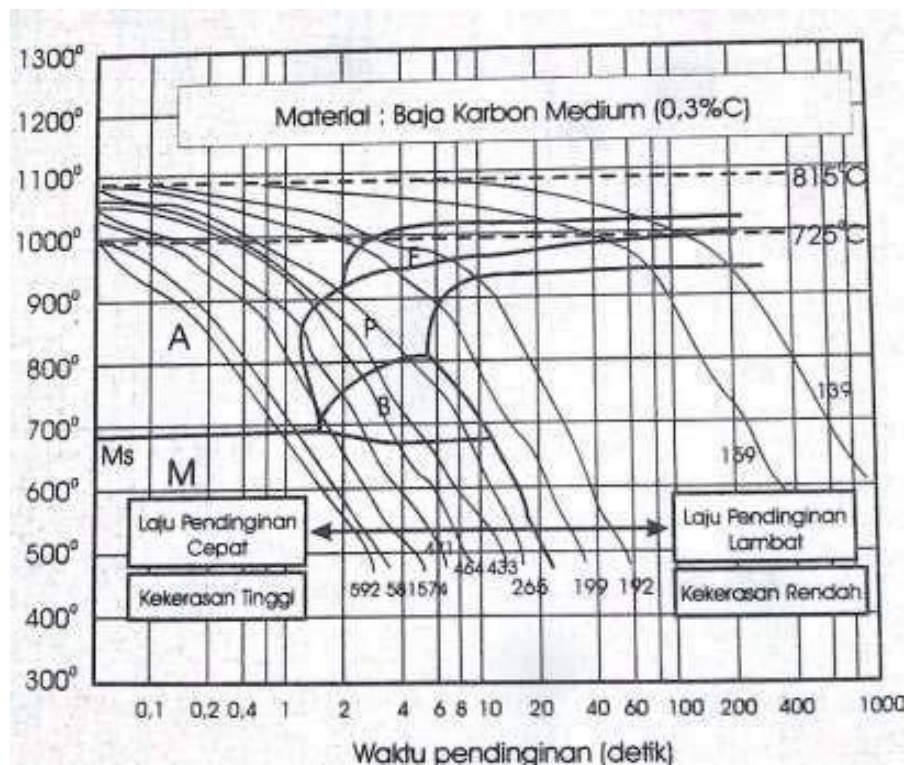
Proses pendinginan dalam proses pengelasan merupakan proses pengerasan sifat logam. Menurut Surdja dan Saito (1999: 82), kekerasan baja setelah dicelup dingin meningkat hampir berbanding

lurus dengan kadar karbon sampai 0,6 % selanjutnya peningkatan gradient lebih kecil kalau kadar karbon meningkat.

Dalam penelitian ini, peneliti melakukan pendinginan secara cepat yaitu dengan menggunakan media oli, *collant*, dan air.

Tujuannya adalah untuk mendapatkan struktur *martensit*, semakin banyak unsur karbon, maka struktur *martensit* yang terbentuk juga akan semakin banyak. Hal ini disebabkan karena *martensit* terbentuk dari fasa *Austenit* yang didinginkan secara cepat, sehingga kekerasan dan kekuatan tariknya meningkat. Proses pendinginan pengelasan lazimnya berlangsung relative cepat (Sonawan dan Suratman, 2004: 60).

Mampu keras baja dapat di peroleh dari temperatur tranformasi, waktu, dan pendinginan kontinyu. Jika garis pendinginan makin ke kanan waktu atau waktu yang singkat akan menghasilkan laju pendinginan yang cepat dan akan menghasilkan struktur yang semakin keras. Sebaliknya, jika garis pendinginan makin ke kanan atau waktu yang lama akan menghasilkan laju pendinginan yang lambat akan menghasilkan struktur yang semakin lunak.



Gambar 2.6 Garis-garis pendinginan diagram *Continuous Cooling Transformation*

Sumber: Sonawan dan Saito (2004: 64)

Dalam penelitian ini, media pendingin yang digunakan adalah Air, Collant dan Oli Mesran SAE 40.

1. Oli Mesran Sae 40

Oli Mesran SAE 40 merupakan pelumas produksi PT Pertamina dengan viskositas 40 pada temperatur 100 °C. Penggunaan Oli Mesran SAE 40 sebagai media pendingin akan menyebabkan timbulnya selaput karbon pada spesimen tergantung dari besarnya

viskositas dan kadar karbon spesimen. Kekentalan merupakan salah satu unsur kandungan oli paling rawan karena berkaitan dengan ketebalan oli atau seberapa besar resistensinya untuk mengalir (Febrianto et. al 2013: 31).

Viskositas dari suatu pelumas dipengaruhi oleh perubahan suhu dan tekanan, apabila suhu suatu pelumas meningkat, maka viskositasnya akan menurun, begitu juga sebaliknya apabila suhu suatu pelumas menurun, maka viskositasnya akan meningkat ini berarti pelumas akan mudah mengalir ketika pada suhu panas dibandingkan pada saat suhu dingin (Effendi dan Adawiyah 2014: 1-101).

Penggunaan media pendingin Oli Mesran SAE 40 dalam penelitian ini, karena apabila Oli Mesran SAE 40 digunakan di lingkungan yang memiliki suhu panas akan bersikap sebagai pelumas atau peka terhadap temperatur. Oli Mesran SAE 40 akan menyebabkan timbulnya selaput karbon pada spesimen tergantung pada besarnya viskositas.

2. Air

Air merupakan media pendingin yang paling tua dan murah dan juga mempunyai kemampuan pendinginan yang tinggi sekali. Keburukan dari air adalah bahwa laju pendinginannya sangat tinggi pada daerah temperatur pembentukan *martensit* sehingga akan menyebabkan terjadinya tegangan akibat transformasi dan selisih temperatur. Hal ini akan mendorong terjadinya keretakan pada

saat quenching. Mengingat kemampuan pendinginannya yang sangat tinggi ini, maka air biasanya digunakan untuk pendinginan baja yang kekerasannya tidak begitu tinggi, misalnya baja karbon.

3. Coolant

Secara umum coolant adalah media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan benda kerja dan alat potong pada saat proses permesinan. Digunakan pula untuk melumasi alat potong sehingga memiliki umur pakai yang lebih lama.

Coolant merupakan cairan hasil campuran ethylene atau propylene glycol dan air. Biasanya rasio perbandingan zat mineral itu berkisar 50/50. Penggantian cairan coolant perlu dilakukan karena pemakaian coolant yang terlalu lama menyebabkan timbunan pasir. Pasir yang terlalu berlebihan sanggup menutup sistem saluran pendinginan. Penggantian ini harus dilakukan karena dalam fase tertentu, kualitas coolant bisa menurun akibat panas dan lingkungan yang kotor. Selain itu, korosi pada radiator juga bisa mengakibatkan terjadinya pengendapan kotoran pada coolant.

Apabila penggantian coolant tidak dilakukan maka pengendapan kotoran yang terlalu banyak berpotensi menutup sistem saluran pendingin, sehingga menyebabkan arus pendinginan mesin tertangu. Bila hal ini terjadi, mesin mudah panas dan memicu mogok. Rentetan masalah lebih krusial pada mesin bisa terjadi

- **Fungsi Coolant**

Di dalam proses permesinan, kita harus mengenal coolant sebagai suatu cara menambah/ memperpanjang umur pahat.

Fungsi dari coolant secara umum adalah sebagai berikut :

1. Menurunkan temperatur pahat pada saat pemotongan.
2. Menurunkan gaya potong.
3. Memperpanjang umur pahat.
4. Melumasi elemen pembimbing (ways)
5. Memperhalus atau memperbaiki kualitas permukaan benda kerja.
6. Membersihkan geram dari bidang geram pada saat proses pemotongan.
7. Proteksi korosi pada permukaan benda kerja yang baru terbentuk.

B. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian mengenai “pengaruh variasi media pendingin pada pengelasan smaw terhadap kekuatan tarik, bending dan kekerasan baja *ST 41*” sudah pernah dilakukan oleh beberapa peneliti. Meskipun demikian, penelitian-penelitian yang sudah ada belum seutuhnya sempurna. Maka dari itu, perlu adanya penelitian-penelitian lain guna menyempurnakan penelitian yang sudah ada. Beberapa penelitian terdahulu yang relevan pernah dilakukan, di antaranya ada penelitian

yang dilakukan Sukamto (2009), Nurhidayat (2012), Saputra, et. al (2014), Januar dan Suwito (2016), Furqon, et. al (2016), dan Maulana (2016).

1. Sukamto (2009) dalam penelitiannya dilakukan pengelasan pada baja karbon rendah dengan pengelasan smaw dan media pendingin air, udara, air laut. Penelitian diperoleh hasil pengujian tarik diketahui bahwa pada logam induk sebelum pengelasan mempunyai tegangan tarik sebesar $34,63 \text{ kg/mm}^2$. Benda uji setelah penegelasan menggunakan proses pendinginan air tegangan tariknya $20,25 \text{ kg/mm}^2$, dengan pendinginan udara tegangan tariknya $22,75 \text{ kg/mm}^2$ dan dengan pendinginan air laut mempunyai tegangan $27,07 \text{ kg/mm}^2$. Kekerasan pendinginan air laut mempunyai nilai lebih tinggi dibanding dengan pendinginan air dan udara. Pada uji metalografi benda uji dengan pendinginan air mempunyai struktur butir $35,2 \text{ mm}^2/\text{mm}^3$ benda uji dengan pendinginan udara struktur butirnya $32 \text{ mm}^2/\text{mm}^3$ dan benda uji dengan pendinginan air laut mempunyai struktur butir $48 \text{ mm}^2/\text{mm}^3$.

Relevansi penelitian yang dilakukan oleh Sukamto (2009) dengan penelitian ini, yaitu penggunaan media pendingin, uji tarik, uji kekerasan, baja karbon rendah dan foto mikro perbedaanya yaitu dengan penggunaan las TIG.

2. Nurhidayat (2012), dalam penelitiannya dilakukan dilakukan proses pengelasan pada baja karbon rendah SS 400 dan baja Aisi 304 dengan media pendingin oli, air dan udara. Hasil penelitian diperoleh struktur

mikro yang terbentuk pada logam las, HAZ baja tahan karat, dan logam induk baja tahan karat adalah *austenit* dan *ferit*. Sedangkan pada HAZ, baja, karbon rendah, dan logam, induk baja karbon rendah adalah *ferit* dan *perlite*. Perlakuan panas dengan variasi metode pendinginan air, oli dan udara menyebabkan terjadinya penurunan nilai kekerasan. Nilai kekerasan tertinggi pada hasil lasan terdapat di logam las diikuti kemudian HAZ baja tahan karat, logam induk baja tahan karat, HAZ baja karbon rendah dan terakhir logam induk baja karbon rendah.

Relevansi penelitian yang dilakukan Nurhidayat (2012) dengan penelitian ini, yaitu penggunaan media pendingin, pengelasan *GMAW*, uji kekerasan, foto mikro dan baja karbon rendah. Namun perbedaan penelitian Nurhidayat (2012) dengan penelitian ini, yaitu uji korosi dan baja AISI 304.

3. Saputra, et. al (2014), dalam penelitiannya dilakukan pengelasan pada Baja *ST 37* dengan pengelasan busur listrik dan media pendingin air kelapa, air garam dan oli bekas. Penelitian diperoleh semua benda hasil pengelasan yang sudah didinginkan di uji nilai kekuatan tariknya, masing- masing media pendingin mempunyai nilai kekuatan tarik berbeda. Jenis media pendingin yang digunakan dapat terlihat, bahwa media pendingin yang bagus adalah media pendingin oli bekas, ini terlihat dari rata-rata kekuatan tariknya, yaitu 53,415 kg/mm². Media pendingin yang menghasilkan kekuatan tarik terendah adalah media

pendingin air kelapa dengan rata-rata pengujian tariknya adalah 49,764 kg/mm².

Relevansi penelitian yang dilakukan oleh Saputra, et. al (2014) dengan penelitian ini, yaitu penggunaan media pendingin, uji tarik dan baja ST 37 perbedaanya yaitu menggunakan las SMAW.

4. Januar dan Suwito (2016), dalam penelitiannya dilakukan pengelasan baja ST 41 dengan pengelasan MIG dan SMAW dan media pendingin air, *collant*, dan es. Penelitian diperoleh hasil uji *anova* pada pengelasan MIG dan SMAW dengan variasi media pendingin (air, *collent*. dan es) ada pengaruh terhadap kekuatan tarik dan media pendingin *collent* berpengaruh sangat signifikan terhadap kekuatan tarik pada baja ST 41 dibanding air dan es.

Relevansi penelitian yang dilakukan oleh Januar dan Suwito (2016) dengan penelitian ini, yaitu penggunaan media pendingin, uji tarik dan las MIG perbedaanya yaitu penggunaan las SMAW dan baja ST 41.

5. Furqon, et. al (2016), dalam penelitian tersebut dilakukan kembali perlakuan panas baja ST 60 dengan media pendingin udara, air dan oli. Penelitian diperoleh hasil dengan nilai $F_{hitung} = 6,0560294 < F_{tabel} = 3,88$. Nilai kekerasan sebelum perlakuan panas yaitu 112,4 HB dan yang sesudah perlakuan panas yaitu air (110,2 HB), udara (94,8 HB) dan oli mesran SAE 40 (119,4 HB). Ketiga jenis media pendingin setelah perlakuan panas yang paling baik dalam meningkatkan

kekerasan material adalah oli mesin SAE 40 dengan nilai rata-rata 119,4 HB.

Relevansi penelitian yang dilakukan oleh Furqon, et. al (2016) dengan penelitian ini, yaitu penggunaan media pendingin dan uji kekerasan perbedaannya yaitu *Heat treatment* dan baja ST 60.

6. Maulana (2016), dalam penelitiannya dilakukan proses pengelasan pada baja ST 37 dengan media pendingin air kelapa, air garam dan oli bekas. Penelitian diperoleh hasil bahwa semua benda hasil pengelasan yang sudah didinginkan di uji nilai kekuatan tariknya, masing-masing media pendingin mempunyai nilai kekuatan tarik berbeda. Ketiga jenis media pendingin yang digunakan dapat terlihat, bahwa media pendingin yang bagus adalah media pendingin oli bekas, ini terlihat dari rata-rata kekuatan tariknya, yaitu 53,415 kg/mm², Sedangkan untuk media pendingin yang menghasilkan kekuatan tarik terendah adalah media pendingin air kelapa dengan rata-rata pengujian tariknya adalah 49,764 kg/mm².

Relevansi penelitian yang dilakukan oleh Maulana (2016) dengan penelitian ini, yaitu penggunaan media pendingin, uji tarik dan baja ST 37 perbedaannya yaitu penggunaan las SMAW.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam skripsi ini adalah eksperimen laboratorium. Eksperimen adalah suatu cara untuk mencari hubungan sebab akibat antara dua faktor yang sengaja ditimbulkan oleh penelitian dengan mengeliminasi, mengurangi dan menyisihkan faktor-faktor lain dari hasil penelitian.(Arikunto, 2006)

Dalam penelitian ini material yang digunakan adalah baja ST 41 yang merupakan baja karbon rendah yang akan di aplikasikan ke komponen baja canal H untuk jembatan. Dimana material baja ST 41 dilakukan proses pengelasan smaw dengan suhu 915°C, lalu didinginkan (*quenching*) secara cepat melalui media air, collant dan oli. Selanjutnya proses pengujian tarik, pengujian lengkung *bending* dan pengujian kekerasan.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Jadwal penelitian merupakan rencana penelitian dari awal (persiapan) sampai akhir (penyelesaian). Jadwal penelitian ini dibuat sebagai batasan waktu target waktu penyelesaian penelitian.

Tabel 3.1 Rencana Jadwal Penelitian

N	Tahap Kegiatan	Bulan							
		M	A	M	j	A	N	J	
1.	Persiapan	√							
	a. Mencari Literatur	√	√						
	b. Studi Literatur	√	√						
	c. Penyusunan Proposal		√	√					
	d. Persiapan Alat dan Bahan				√				
2.	Pelaksanaan								
	a. Seminar Proposal			√					
	b. Proses <i>Pengelasan</i>				√				
	c. Pengujian Bahan di Lab					√			
3.	Penyelesaian					√			
	a. Pengolahan Data						√		
	b. Pembahasan						√		
	c. Penyusunan Laporan						√		
	d. Ujian Skripsi							√	

Tempat penelitian ini dilakukan di dua tempat yaitu :

1. Proses pengujian Tarik, pengujian lengkung (*Bending*), pengujian Kekeasan.

Tempat : Lab. Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Lokasi

UGM

2. Pembuatan Spesimen dan Uji Komposisi.

Tempat : Laboratorium LIK Tegal

C. Instrumen Penelitian dan Desain Pengujian

1. Bahan dan Alat

- a. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja ST 41
- b. Mesin las
- c. Elektroda
- d. Sarung tangan, masker dan pelindung wajah.
- e. Tempat yang berisi media pendingin berfungsi untuk mendinginkan spesimen yang habis dilas.



Gambar 3.1 Tempat untuk Media Pendingin
Sumber : Laboratorium LIK Tegal

- f. Mesin uji komposisi yang digunakan dengan merk “Spectrometer”
- g. Mesin uji tarik yang digunakan dengan merk “Shimidzu UH 1000 kN”



Gambar 3.2. Mesin uji tarik
Sumber : Lab. Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin
Sekolah Vokasi UGM

- h. Mesin uji *bending* yang digunakan dengan merk “Shimidzu”



Gambar 3.3. Mesin Uji *Bending* Logam
Sumber : Lab. Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin
Sekolah Vokasi UGM

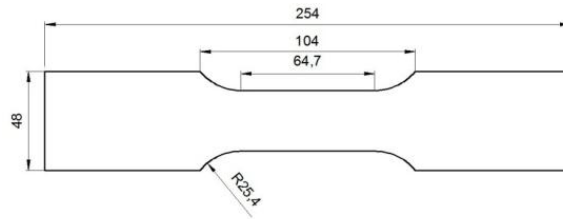
- i. Mesin uji kekerasan yang digunakan dengan merk “Affri”



Gambar 3.4 Mesin Uji Kekerasan
Sumber : Lab. Bahan Teknik Departemen Teknik
Mesin Sekolah Vokasi UGM

2. Desain Pengujian

a. Spesimen Uji Tarik *ASTM E 8M-01*

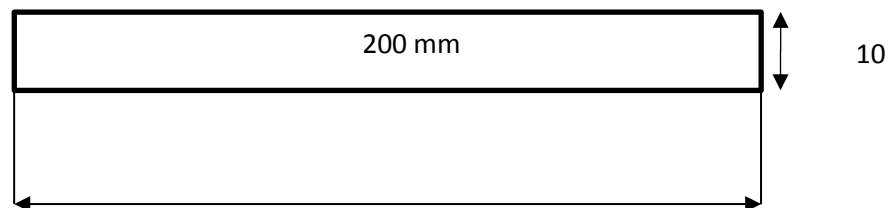


Gambar 3.5. Spesimen Uji Tarik
(ASTM E 8M-01)

Keterangan :

1. $L = 200 \text{ mm}$
2. $d = 10 \text{ mm}$

b. Spesimen Uji lengkung (*Bending*) *ASTM E190*

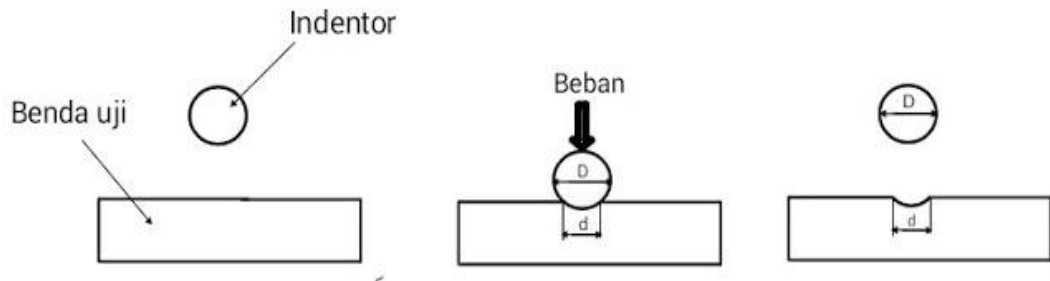


Gambar 3.6. Spesimen Uji lengkung (*Bending*)

Keterangan :

1. $d = 10 \text{ mm}$
2. $L = 200 \text{ mm}$

c. Spesimen Uji Kekerasan



Gambar 3.7. Spesimen Uji kekerasan

Keterangan :

- 1) Panjang Plat = 40 mm
- 2) Tebal = 10 mm

D. Teknik Pengambilan Sampel

Sampel yang digunakan merupakan baja ST 41 yang mengandung karbon sebesar 0,13%C. Bentuk dan ukuran sampel menggunakan standar ASTM (*American Standar Testing and Material*). Jumlah sampel yang akan digunakan adalah 29 buah sampel dengan perincian :

- a. Pada pengujian komposisi dalam keadaan raw material 1 sampel.
- b. Pada pengujian tarik
 - 1) Raw material sebanyak 3 sampel
 - 2) Variasi media pendingin menggunakan air sebanyak 3 sampel.
 - 3) Variasi media pendingin menggunakan collant sebanyak 3 sampel.
 - 4) Variasi media pendingin menggunakan oli sebanyak 3 sampel.
- c. Pada pengujian lengkung (*bending*)
 - 1) Raw material sebanyak 3 sampel

- 2) Variasi media pendingin menggunakan air sebanyak 3 sampel.
- 3) Variasi media pendingin menggunakan collant sebanyak 3 sampel.
- 4) Variasi media pendingin menggunakan oli sebanyak 3 sampel.

d. Pada Pengujian kekerasan

- 1) Raw material sebanyak 1 sampel
- 2) Variasi media pendingin menggunakan air sebanyak 1 sampel.
- 3) Variasi media pendingin menggunakan collant sebanyak 1 sampel.
- 4) Variasi media pendingin menggunakan oli sebanyak 1 sampel.

E. Variabel Penelitian / Fenomena Yang Diamati

Variabel penelitian pada dasarnya adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulan (sugiono, 2011 : 60). Ada tiga kelompok variabel yang akan digunakan dalam penelitian ini, yaitu variabel bebas, variabel terikat dan variabel terkontrol.

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang dapat berubah – ubah yang bisa mempengaruhi variabel terikat, jadi variabel bebas merupakan kondisi atau perlakuan untuk melihat gejala (variabel terikat) yang timbul. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi media pendingin air, collant, dan oli.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang di pengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Variabel terikat merupakan hasil dari

perlakuan yang diberikan, karena dalam eksperimen ini untuk mengetahui nilai komposisi bahan, nilai kekuatan tarik, nilai kekuatan lengkung (*bending*) dan nilai kekerasan dari proses *pengelasan* dan *media pendingin* pada baja ST 41, maka yang menjadi variabel terikatnya adalah uji kekuatan tarik, uji kekuatan lengkung (*bending*) dan uji kekerasan.

3. Variabel Terkontrol

Variabel ini dapat mempengaruhi hasil dari variabel terikat, namun pengaruhnya tidak dikehendaki, untuk itu variabel terkontrol pada penelitian ini harus dijaga pada kondisi tertentu atau decontrol supaya tidak mengganggu hasil yang dicapai akibat variabel bebas antara lain : laju pendinginan, alat uji komposisi, alat uji tarik, alat uji bending dan alat uji kekerasan.

Fenomena yang diamati adalah sifat mekanik yang terjadi pada baja ST 41 setelah mendapat proses pendinginan cepat.

F. Metode Pengumpulan Data

Dalam penyusunan penelitian ini penulis berusaha semaksimal mungkin untuk membahas dan menguraikan cara pengumpulan data. Adapun metode-metode pengumpulan data yang diperlukan antara lain :

1. Eksperimen

Metode eksperimen sering di gunakan dalam penelitian ilmu-ilmu eksakta. Tujuan dari penelitian eksperimen adalah menyelidiki ada atau tidaknya hubungan sebab akibat, serta berapa besar hubungan sebab akibat

tersebut dengan cara memberikan perlakuan-perlakuan tertentu pada beberapa kelompok eksperimental dan menyediakan kontrol untuk perbandingan.

Dalam penelitian ini material yang digunakan adalah baja ST 41 yang digunakan untuk pembuatan canal H yang ada di jembatan. Dimana baja ST 41 dilakukan proses *pengelasan*, lalu didinginkan (*quenching*) secara cepat melalui media air, collant, dan oli. Selanjutnya proses pengujian tarik, pengujian *bending*, dan pengujian kekerasan

2. Studi Pustaka

Metode ini merupakan metode yang digunakan untuk memperoleh informasi dan data sebagai referensi dengan mempelajari buku – buku maupun literature melalui jurnal – jurnal hasil penelitian.

G. Analisa Data

Setelah data terkumpul maka langkah selanjutnya adalah menganalisa data, data dari hasil pengujian kemudian dimasukkan kedalam rumus perhitungan yang ada sehingga diperoleh data yang bersifat *kuantitatif* yaitu data yang berupa angka. Teknik analisa data variasi media pendingin pada proses pengelasan terhadap nilai kekuatan tarik, kekuatan *bending* dan nilai kekerasan pada baja ST 41 berupa rata – rata antara data dari bahan yang tidak mendapatkan perlakuan dan bahan yang mendapat perlakuan proses *pendinginan* dengan air, collant, dan oli penyajian data selanjutnya digambarkan dalam grafik diagram hubungan antara temperature dengan sifat – sifat mekanis.

Adapun lembar analisa data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 3.2. Lembar Pengujian Tarik

Variasi Pendinginan	Lebar (mm)	Panjang (mm)	A (mm)	Pmax (KN)	Pmax (N)	ΔL (mm)	Tegangan (MPa)	Regangan (%)	Rata-rata Teg. (MPa)
Air									
Coolant									
Oli SAE 40									

Sumber :Lab. Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi

UGM

Tabel 3.3. Lembar Pengujian Bending

Variasi Pendinginan	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Pmax (KN)	Pmax (N)	Defleksi (mm)	L (mm)	Tegangan Bending (MPa)	Rata-rata Teg. Bending (MPa)
Air								
Coolant								
Oli SAE 40								

Sumber :Lab. Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi

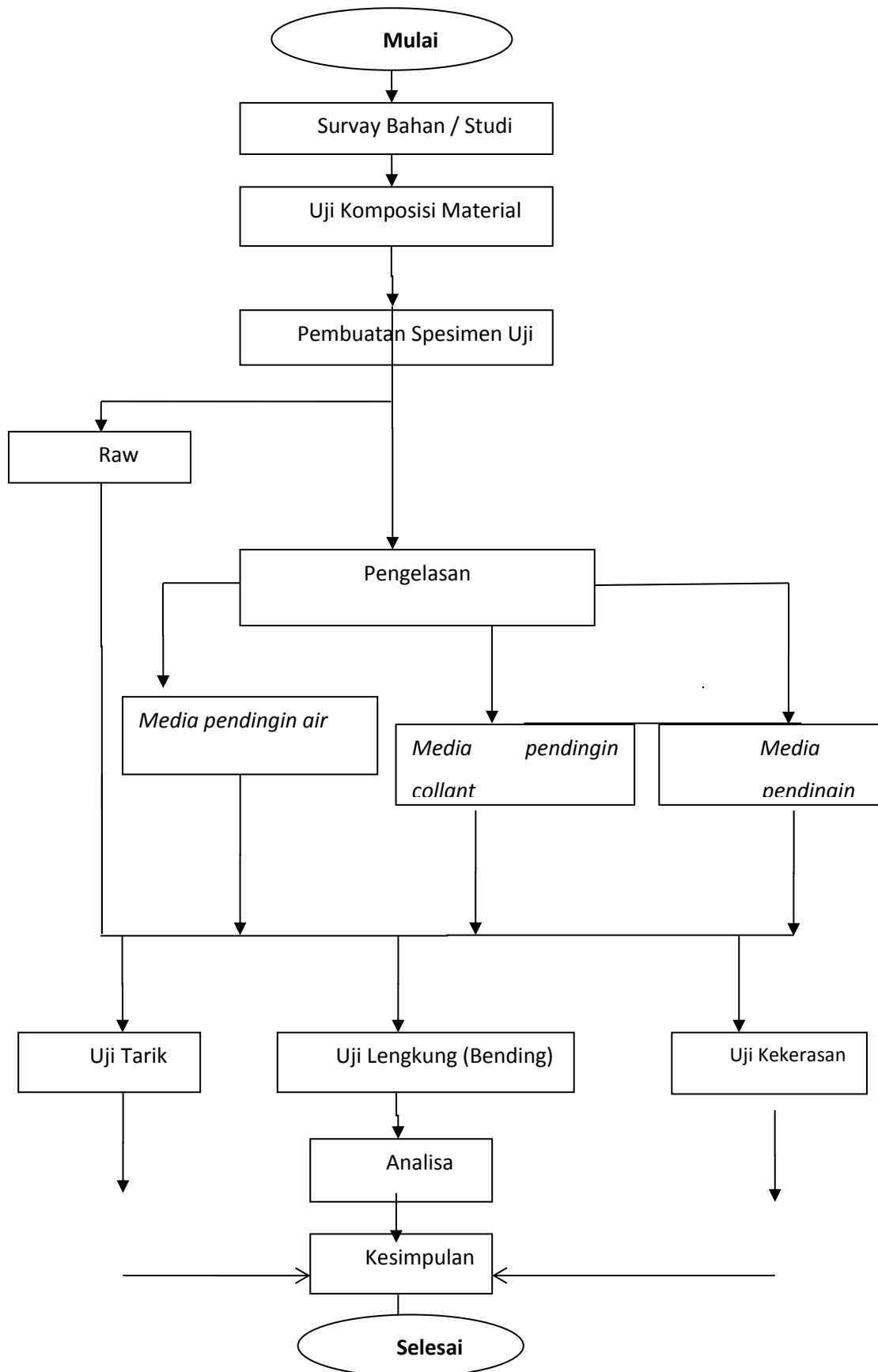
UGM

Tabel 3.4. Lembar Pengujian Kekerasan

Variasi	Titik Uji	D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	D rata-rata (mm)	Kekerasan (VHN)	Kekerasan rata rata (VHN)
Air	1					
	2					
	3					
Coolant	1					
	2					
	3					
Oli SAE 40	1					
	2					
	3					

Sumber :Laboratorium LIK Tegal

H. Diagram Alur Penelitian (*Flowchat*)



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Penelitian ini menghasilkan data – data yang berupa angka dalam tabel, gambar, grafik dan foto yang meliputi dari hasil pengujian komposisi, pengujian tarik, pengujian bending, dan pengujian kekerasan

1. Pengujian Komposisi Dari Baja ST 41

Tabel 4.1. Data Hasil Pengujian Komposisi Baja 41

Unsur	Chemical Composition (%)		
	N1	N2	Test Result
C	0,13	0,13	0,13
Si	0,11	0,12	0,11
Mn	0,53	0,50	0,52
P	0,03	0,04	0,03
S	0,02	0,03	0,02
Cr	0,04	0,03	0,04
Mo	0,00	0,01	0,01
Ni	0,02	0,02	0,02
Cu	0,03	0,03	0,03
Fe	98,1	98,0	98,8

Sumber : Laboratorium LIK Tegal

Sumber : Laboratorium LIK Tegal

2. Pengujian Tarik

Tabel 4.2. Hasil pengujian Tarik

Variasi Pendinginan	Lebar (d) (mm)	Panjang (b) (mm)	A (mm)	Pmax (KN)	Pmax (N)	ΔL (mm)	Tegangan (MPa)	Regangan (%)	Rata-rata Teg. (MPa)
Air	10,13	14,01	141,90	23,00	23.000	2,24	162,06	4,48	182,86
	10,88	13,97	151,99	23,89	23.890	2,47	157,18	4,94	
	10,33	14,04	145,03	33,26	33.260	2,88	229,33	5,76	
Coolant	10,46	14,37	150,31	32,77	32.770	2,43	218,02	4,86	245,49
	10,36	13,76	142,55	35,58	35.580	2,66	249,59	5,32	
	10,17	14,61	148,58	39,95	39.950	2,45	268,872	4,90	
Oli SAE 40	10,26	14,50	148,77	38,11	38.110	1,93	256,17	3,86	239,84
	10,35	14,29	147,90	31,55	31.550	2,16	213,32	4,32	
	10,17	14,39	143,34	36,59	36.590	2,78	250,02	5,56	

Keterangan:

1. Pengujian dilakukan tanggal 26 Desember 2020
2. Pengujian menggunakan Universal Testing Machine
3. Standar spesimen menggunakan ASTM

D638-1

ASTM E8

Keterangan :

L = Panjang awal (mm)

A = Luas penampang awal (mm²)

P max = Beban tarik maksimum (kN)

σ = Kuat tarik (N/mm²)

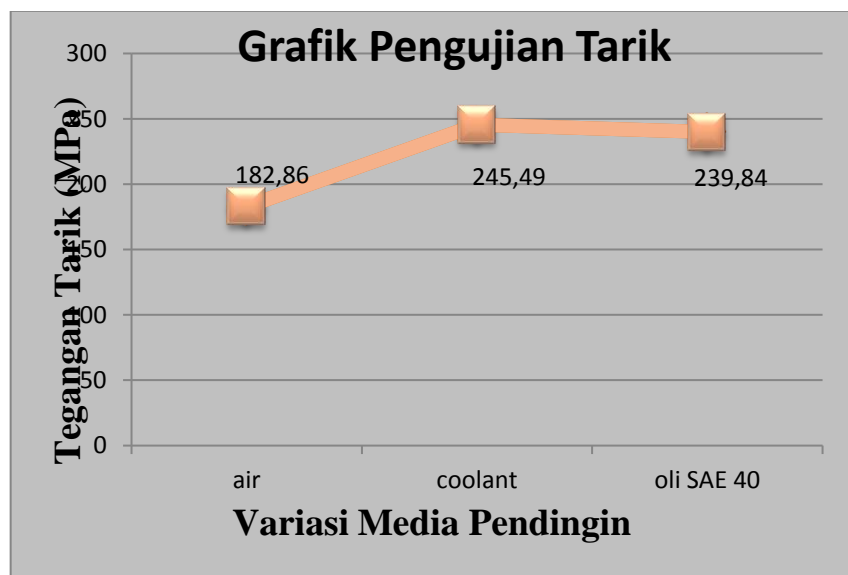
Pengolahan data nilai hasil kekuatan tarik pengelasanbaja ST 41.

$$Kuat Tarik = \frac{Beban Maksimum}{Luas Penampang Mula - Mula}$$

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A_0}$$

$$= \frac{23.000 (N)}{141 (mm^2)}$$

$$= 162,06 (N/mm^2)$$



Gambar 4..1 Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik

Dari hasil pengelasan dengan perlakuan pendinginan collant menghasilkan kekuatan tarik tertinggi, yaitu sebesar 245,49 N/mm² dan kekuatan tarik terendah pada material dengan pendinginan air yaitu sebesar 182,86 N/mm². Dari variasi tersebut diketahui bahwa proses

pendinginan secara cepat membuat benda semakin kaku/getas yang menyebabkan kekuatan tarik menjadi semakin kecil.

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Tarik Raw Material Baja ST 41
Sumber hasil uji tarik *Raw Material* dari skripsi Anton Sujarwo mahasiswa Ups Tegal.

Variasi <i>Holding Time</i>	D ₀ (mm)	L ₀ (mm)	A ₀ (mm ²) $A_0 = \frac{\pi}{4} D_0^2$	P _{max} (kN)	P _m (N)	Tegangan Tarik $\sigma = \frac{P_{max}}{A_0}$	
						(N/mm ²)	(kg/mm ²)
<i>Raw Material</i>	10,23	50	82,23	40,66	40660	494,64	50,42
	10,19	50	81,59	31,76	31760	384,72	39,21
	10,15	50	80,95	40,88	40880	505,17	51,49
Rata – Rata	10,19	50	81,59	7,7667	7766,7	462,91	46,94

3. Pengujian *Bending*

Tabel 4.4. Hasil Pengujian Lengkung (*Bending*)

Variasi Pendinginan	Lebar (d) (mm)	Panjang (b) (mm)	P _{max} (KN)	P _{max} (N)	Defleksi (mm)	L (mm)	Tegangan Bending (MPa)	Rata-rata Teg. Bending (MPa)
Air	10,49	38,51	4,29	4.290	2,13	35	53,15	86,87
	10,50	37,34	9,58	9.580	3,87	35	122,17	
	10,19	38,89	6,56	6.560	4,84	35	85,29	
Coolant	10,09	38,96	9,41	9.410	5,12	35	124,55	112,45
	10,42	38,31	7,46	7.460	5,17	35	94,16	
	10,37	39,30	9,55	9.550	6,28	35	118,63	
Oli SAE 40	10,14	39,12	7,15	7.150	5,23	35	93,32	97,29
	10,47	38,48	8,73	8.730	6,17	35	108,65	
	10,58	39,03	7,48	7.480	6,93	35	89,89	

Keterangan:

1. Pengujian dilakukan tanggal 26 Desember 2020

2. Pengujian menggunakan Universal Testing Machine

3. Standar spesimen menggunakan ASTM E190

Keterangan :

σ_b = Tegangan Bending maks (N/mm²)

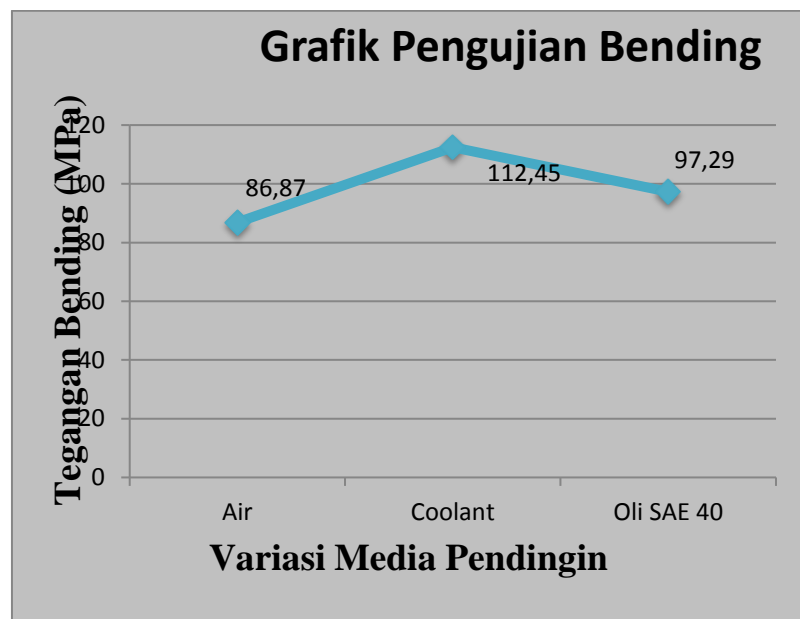
P = Beban maksimum

L = Jarak Antar Penumpu

b = Lebar Spesimen

Pengolahan data nilai hasil kekuatan tarik pengelasanbaja ST 41.

$$\begin{aligned}\sigma_b &= \frac{3 P L}{2 b d^2} \\ &= \frac{3 \times 4.290 \times 35}{2 \times 38,51 \times 10,49^2} \\ &= \frac{450.450}{8.475,288} \\ &= 53,15 \text{ MPa}\end{aligned}$$



Gambar 4.2. Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekuatan Bending.

Dari hasil pengujian tekuk/bending, terlihat pada spesimen dengan proses pendinginan secara cepat akan memiliki kekuatan tekuk/bending yang lebih baik dibandingkan dengan hasil pengelasan tanpa perlakuan pendinginan. Nilai kekuatan tekuk/bending tertinggi yaitu pada media pendingin coolant dengan kekuatan rata-rata tegangan bendingnya adalah 112,45 Mpa. Dan terbukti bahwa nilai terendah terjadi pada spesimen dengan media pendingin air dengan nilai 86,87 Mpa.

Tabel 4.5. Hasil Pengujian Lengkung (*Bending*) Raw Material Baja St 41

Sumber hasil uji tarik *Raw Material* dari skripsi Anton

Sujarwomahasiswa Ups Tegal. 2018

No.	Variasi <i>Holding Time</i>	F(kN)	D(mm)	R(mm)	L(mm)	Kuat Lengkung N/mm ² $\sigma f = \frac{FL}{\pi R^3}$
	Boros Roda Sepeda Motor <i>Original</i>	3270	11,66	5,83	5,83	124,28
1	<i>Raw Material</i>	5600	9,92	4,96	4,96	72,50
2		5550	9,92	4,96	4,96	71,83
3		5220	9,93	4,97	4,97	67,46

4, Pengujian Kekerasan Vickers

Tabel 4.6. Hasil Pengujian Kekerasan Vickers

Variasi	Titik Uji	D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	D rata-rata (mm)	Kekerasan (VHN)	Kekerasan rata-rata (VHN)
Air	1	0,55	0,54	0,55	249,68	251,22
	2	0,53	0,55	0,54	254,32	
	3	0,54	0,55	0,55	249,68	
Coolant	1	0,61	0,65	0,63	186,85	183,01
	2	0,66	0,63	0,65	178,26	
	3	0,64	0,63	0,64	183,92	
Oli SAE 40	1	0,56	0,59	0,58	224,30	227,82
	2	0,54	0,55	0,55	249,68	
	3	0,59	0,60	0,60	209,48	

Keterangan:

1. Pengujian dilakukan tanggal 26 Desember 2020
2. Menggunakan metode Vickers dengan pembebanan 40 kgf

Pengolahan data nilai hasil uji kekerasan vickers pengelasan baja ST 41.

$$VHN = 2.P.\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

$$= \frac{(1,854) \cdot p}{d^2}$$

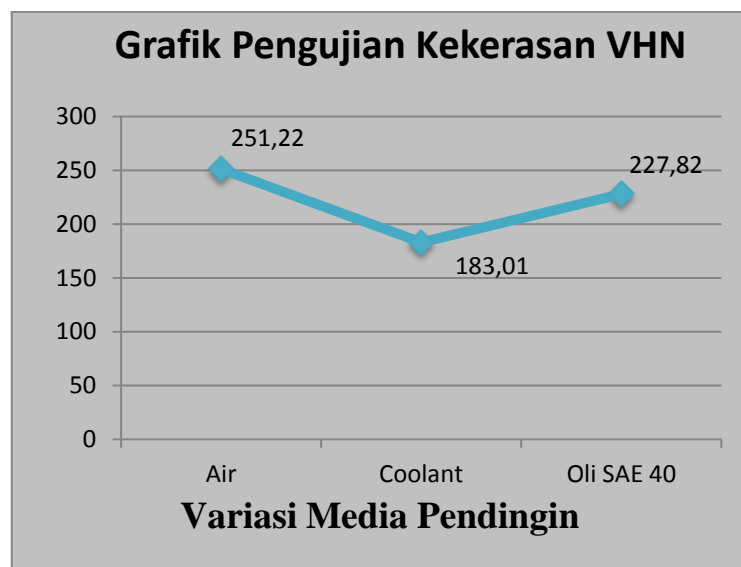
P = beban yang di gunakan

d = panjang diagonal rata-rata

θ = sudut antara intan yang berhadapan = 136°

Jadi :
$$VHN = \frac{1,854 \times 40}{0,55^2}$$

$$= 249,68 \text{ VHN}$$



Gambar 4.3. Pengaruh Variasi Media Pendingi Terhadap Kekuatan Kekerasan.

Dari hasil pengujian kekerasan vickers, menunjukkan bahwa media pendingin air, memiliki hasil kekerasan tertinggi yaitu, 251,22 VHN

dan hasil kekerasan vickers terendah pada material dengan perlakuan pendinginan media pendingin coolant yaitu sebesar 183,01 VHN.

Tabel 4.7. Hasil Pengujian Kekerasan Vickers Raw Material Baja St 41

Sumber hasil uji tarik *Raw Material* dari skripsi *Amuhammad alan Robbinamahasiswa Universitas Negri Semarang, 2012.*

No	Spesimen	D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	D rata-rata (mm)	Kekerasan (VHN) (Kg/mm ²)	Rata-rata (VHN)
1	Raw Material	42,5	42,5	0,425	205,287	201,3
2	Raw Material	43	43,5	0,04325	198,229	
3	Raw Material	43	43	0,043	200,540	

B. PEMBAHASAN

Proses pendinginan dilakukan terhadap hasil pengelasan baja ST 41, menggunakan media pendingin air, collant, oli mesran sae.

Proses cara pendinginannya, spesimen di las satu persatu dan sehabis pengelasan lalu di celupkan ke media pendingin. Proses ini berguna untuk

memperbaiki kekuatan tarik, bending dan kekerasan dari hasil pengelasan pengelasan baja ST 41 tanpa mengubah komposisi kimia secara menyeluruh.

Proses ini mencakup pengelasan dan diikuti oleh pendinginan dengan kecepatan tertentu untuk mendapatkan sifat - sifat yang diinginkan, dari proses pendinginan tersebut didapatkan nilai kekuatan tarik yang berbeda - beda antara media pendingin yang digunakan. Dari semua benda hasil pengelasan yang sudah didinginkan dan di uji nilai kekuatan tariknya, masing- masing media pendingin mempunyai nilai kekuatan tarik, beban maksimal dan elongasi yang berbeda-beda. Pada data pengujian tarik memperlihatkan hasil kekuatannya yang baik didapat pada media pendingin coolant sebesar 245,49 MPa, sedangkan media pendingin yang menghasilkan nilai terendah yaitu pada air sebesar 182,86 MPa. Dari tabel pengujian bending dapat dilihat juga hasil kekuatan yang baik didapat pada media pendingin coolant sebesar 112,45 Mpa, dan yang terendah adalah media pendingin air sebesar 86,87 Mpa. Dari tabel pengujian kekerasan dapat dilihat hasil kekuatan yang baik didapat pada media pendingin air sebesar 251,22 VHN, dan yang terendah adalah media pendingin sebesar 183,01 VHN.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dari pengujian tarik, bending dan kekerasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Terdapat Pengaruh media pendingin terhadap kekuatan tarik baja st 41, bahwa semakin cepat pendinginan maka kekuatan tariknya semakin getas. Berdasarkan hasil penelitian maka dapat di simpulkan bahwa pengujian tarik pada spesimen dengan media pendingin coolant memiliki nilai kekuatan tarik yang paling tinggi yaitu sebesar 245,49 Mpa, sedangkan nilai media pendingin yang menghasilkan nilai terendah yaitu pada air sebesar 182,86 Mpa.
2. Terdapat pengaruh media pendingin terhadap kekuatan bending baja st 41, bahwa semakin cepat pendinginan maka nilai kekuatan bendingnya semakin getas. Berdasarkan hasil penelitian maka dapat di simpulkan bahwa pengujian bending pada spesimen dengan media pendingin coolant memiliki nilai kekuatan bending paling tinggi yaitu sebesar 112, 45 Mpa, sedangkan pendingin yang menghasilkan nilai terendah yaitu media pendingin air sebesar 86,87 Mpa.
3. Terdapat pengaruh media pendingin terhadap nilai kekerasan baja st 41, bahwa semakin cepat pendinginan maka nilai kekerasannya semakin kuat. Berdasarkan hasil penelitian maka dapat di simpulkan bahwa pengujian kekerasan pada spesimen dengan media pendingin air memiliki nilai

kekerasan paling besar yaitu 251,22 VHN, sedangkan media pendingin coolant menghasilkan nilai terendah sebesar 183,01 VHN.

B. SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan maka ada beberapa saran dari peneliti sebagai pertimbangan pada penelitian selanjutnya, beberapa saran diantaranya sebagai berikut:

1. Berdasakan hasil penelitian diatas apabila kita melakukan proses pengelasan harus di perhatikan benar, pemilihan jenis las yang akan di gunakan, keterampilan operator las karena sangat berpengaruh terhadap hasil percobaan.
2. Perlu perhatian lebih untuk memilih pengelasan yang akan di gunakan sebaiknya di gunakan yang otomatis untuk menghindari kesalahan manusia.
3. Pengujian selanjutnya di tambah dengan pengujian korosi.
4. Sebaiknya di lakukan penelitian dengan menggunakan baja karbon tinggi agar mendapatkan hasil yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Daryanto. 2012. *Teknik Las*. Cetakan Pertama. Bandung: Alfabeta.
- Djafrie, 1994. *Metalurgi Fisik Modern & Rekayasa Material*, Jakart : Erlangga
- Effendi, M.S. dan Adawiyah, R. 2014. Penurunan Nilai Kekentalan Akibat Pengaruh Kenaikan Temperatur Pada Beberapa Merek Minyak Pelumas. *Jurnal Intekna* (1): 1-101.
- Febrianto, T. et al. 2013. Rancang Bangun Alat Uji Kelayakan Pelumas Kendaraan Bermotor Berbasis Mikrokontroler. *Unnes Physics Journal* 2(1): 30-24.
- Furqon, et al. 2016, Analisis Uji Kekerasan Pada Poros Baja ST 60 dengan Media Pendingin yang Berbeda. *Jurnal Teknik Mesin Uniska* 1(2): 21-26
- George E Dieter, 1996. *Metalurgi Mekanik*, Jilid 2, Jakarta : Erlangga.
- Januar, A., dan Suwito, D. 2016. Kajian Hasil Proses Pengelasan MIG dan SMAW pada Material ST 41 dengan Variasi Media Pendingin (Air, Collent, dan Es) Terhadap Kekuatan Tarik. *JTM* 4(2): 37-42.
- Maulana, Y. 2016. Analisis Kekuatan Tarik Baja ST 37 Pasca Pengelasan dengan Variasi Media Pendingin Menggunakan SMAW. *Jurnal Teknik Mesin Uniska* 2(1): 1-8.
- Media Nofri, 2017. *Analisis Sifat Mekanik Baja SKD 61 61 Dengan Baja St 41 Dilakukan Hardening Dengan Variasi Temperatur*. Jurnal Teknik Mesin, Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta Selatan.
- Nurhidayat, A. 2012. Pengaruh Metode Pendinginan pada Perlakuan Panas Pasca Pengelasan Terhadap Karakteristik Sambungan Las Logam Berbeda antara Baja Karbon Rendah Ss 400 dengan Baja Tahan Karat Austenitik Aisi 304. *Politekno Sains* 11(2): 64-78.

Saputra, Et al. 2014. Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Baja ST 37 Pasca Pengelasan Menggunakan Las Listrik. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam* 3(2): 91-98.

Sonawan dan Saito, S. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Cetakan keempat. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

Sonawan, H., dan Suratman, R. 2004. *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam*. Cetakan Pertama. Bandung: Alfabeta.

Sukamto. 2009. Pengaruh Media Pendingin Terhadap Hasil Pengelasan TIG pada Baja Karbon Rendah. *Jana Teknika* 11(2): 126-137

Wirjosumarto, H., dan Okumura, T. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Cetakan Kedelapan. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

LAMPIRAN

A. MENGHITUNG KEKUATAN TARIK

Untuk mencari kekuatan tarik didapatkan rumus dibawah ini :

$$KekuatanTarik = \frac{Bebanmaksimum}{Luaspenampangmula - mula} \text{ atau } \sigma = \frac{Pmax}{A_0}$$

Dimana : σ = Kekuatan tarik (N/mm²)

P_{max} = Beban maksimum (kN)

A_0 = Luas penampang mula – mula (mm²)

Pengolahan data nilai hasil kekuatan tarik pengelasan baja ST 41.

1. Variasi Media Pendingin Air pengujian ke 2

$$Kuat Tarik = \frac{Beban Maksimum}{Luas Penampang Mula - Mula}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{Pmax}{A_0} \\ &= \frac{23.890 \text{ (N)}}{151,99 \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= 157,18 \text{ (N/mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

2. Variasi Media Pendingin Air pengujian ke 3

$$Kuat Tarik = \frac{Beban Maksimum}{Luas Penampang Mula - Mula}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{Pmax}{A_0} \\ &= \frac{33.260 \text{ (N)}}{145,03 \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= 229,33 \text{ (N/mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

3. Variasi Media Pendingin Coolant pengujian ke 2

$$Kuat Tarik = \frac{Beban Maksimum}{Luas Penampang Mula - Mula}$$

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{P_{max}}{A_0} \\ &= \frac{35.580 \text{ (N)}}{142,55 \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= 249,59 \text{ (N/mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

4. Variasi Media Pendingin Coolant pengujian ke 3

$$Kuat Tarik = \frac{Beban Maksimum}{Luas Penampang Mula - Mula}$$

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{P_{max}}{A_0} \\ &= \frac{39.950 \text{ (N)}}{148,58 \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= 268,872 \text{ (N/mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

5. Variasi Media Pendingin Oli Sae 40 pengujian ke 2

$$Kuat Tarik = \frac{Beban Maksimum}{Luas Penampang Mula - Mula}$$

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{P_{max}}{A_0} \\ &= \frac{31.550 \text{ (N)}}{147,90 \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= 213,32 \text{ (N/mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

6. Variasi Media Pendingin Oli Sae 40 pengujian ke 3

$$Kuat Tarik = \frac{Beban Maksimum}{Luas Penampang Mula - Mula}$$

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{P_{max}}{A_0} \\ &= \frac{36.590 \text{ (N)}}{143,34 \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= 250,02 \text{ (N/mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

Pengolahan data nilai hasil kekuatan bending pengelasan baja ST 41.

1. Variasi Media Pendingin Air pengujian ke 2

$$\begin{aligned}\sigma_b &= \frac{3 P L}{2 b d^2} \\ &= \frac{3 \times 9.580 \times 35}{2 \times 37,34 \times 10,50^2} \\ &= \frac{1.005.900}{8.233,47} \\ &= 122,17 \text{ MPa}\end{aligned}$$

2. Variasi Media Pendingin Air pengujian ke 3

$$\begin{aligned}\sigma_b &= \frac{3 P L}{2 b d^2} \\ &= \frac{3 \times 6.560 \times 35}{2 \times 38,89 \times 10,519^2}\end{aligned}$$

$$= \frac{688.800}{8.076,37}$$

$$= 85,29 \text{ MPa}$$

3. Variasi Media Pendingin Coolant pengujian ke 2

$$\sigma b = \frac{3 P L}{2 b d^2}$$

$$= \frac{3 \times 7.460 \times 35}{2 \times 38,31 \times 10,42^2}$$

$$= \frac{783.300}{8.319,12}$$

$$= 94,16 \text{ MPa}$$

4. Variasi Media Pendingin Coolant pengujian ke 3

$$\sigma b = \frac{3 P L}{2 b d^2}$$

$$= \frac{3 \times 9.550 \times 35}{2 \times 39,30 \times 10,37^2}$$

$$= \frac{1.002.750}{8.452,4}$$

$$= 118,63 \text{ MPa}$$

5. Variasi Media Pendingin Oli Sae 40 pengujian ke 2

$$\sigma b = \frac{3 P L}{2 b d^2}$$

$$= \frac{3 \times 8.730 \times 35}{2 \times 38,48 \times 10,47^2}$$

$$= \frac{916.650}{8.436,42}$$

$$= 108,65 \text{ Mpa}$$

6. Variasi Media Pendingin Oli Sae 40 pengujian ke

$$\sigma b = \frac{3 P L}{2 b d^2}$$

$$= \frac{3 \times 7.480 \times 35}{2 \times 39.03 \times 10,58^2}$$

$$= \frac{785.400}{8.737,75}$$

$$= 89,89 \text{ Mpa}$$

Pengolahan data nilai hasil kekerasan vickers pengelasan baja ST 41.

1. Variasi Media Pendingin Air pengujian ke 2

$$VHN = 2.P.\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

$$= \frac{(1,854).p}{d^2}$$

P = beban yang di gunakan

D = panjang diagonal rata-rata

θ = sudut antara intan yang berhadapan = 136°

Jadi : $VHN = \frac{1,854 \times 40}{0,54^2}$

$$= 254,32 VHN$$

2. Variasi Media Pendingin Air pengujian ke 3

$$VHN = 2.P.\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

$$= \frac{(1,854).p}{d^2}$$

P = beban yang di gunakan

D = panjang diagonal rata-rata

θ = sudut antara intan yang berhadapan = 136°

Jadi :
$$VHN = \frac{1,854 \times 40}{0,55^2} = 249,68 \text{ VHN}$$

3. Variasi Media Pendingin Coolant pengujian ke 2

$$\begin{aligned} VHN &= 2.P.\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ &= \frac{(1,854).p}{d^2} \end{aligned}$$

P = beban yang di gunakan

D = panjang diagonal rata-rata

θ = sudut antara intan yang berhadapan = 136°

Jadi :
$$\begin{aligned} VHN &= \frac{1,854 \times 40}{0,65^2} \\ &= 178,26 \text{ VHN} \end{aligned}$$

4. Variasi Media Pendingin Coolant pengujian ke 3

$$\begin{aligned} VHN &= 2.P.\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ &= \frac{(1,854).p}{d^2} \end{aligned}$$

P = beban yang di gunakan

D = panjang diagonal rata-rata

θ = sudut antara intan yang berhadapan = 136°

Jadi :
$$VHN = \frac{1,854 \times 40}{0,64^2}$$

$$= 183,92 \text{ VHN}$$

5. Variasi Media Pendingin Oli Sae 40 pengujian ke 2

$$\begin{aligned} VHN &= 2 \cdot P \cdot \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ &= \frac{(1,854) \cdot p}{d^2} \end{aligned}$$

P = beban yang di gunakan

D = panjang diagonal rata-rata

θ = sudut antara intan yang berhadapan = 136°

Jadi :
$$VHN = \frac{1,854 \times 40}{0,55^2} = 249,68 \text{ VHN}$$

6. Variasi Media Pendingin Oli Sae 40 pengujian ke 3

$$\begin{aligned} VHN &= 2 \cdot P \cdot \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ &= \frac{(1,854) \cdot p}{d^2} \end{aligned}$$

P = beban yang di gunakan

D = panjang diagonal rata-rata

θ = sudut antara intan yang berhadapan = 136°

Jadi :
$$VHN = \frac{1,854 \times 40}{0,60^2}$$

$$= 209,48 \text{ VHN}$$

B. PROSES PENGELASAN



Proses Pengelasan Spesimen dan Pendinginan



Plat Baja St 41



Media Pendingin Air



Media Pendingin Coolant



Media Pendingin Oli sae 40

C. PROSES PENGUJIAN TARIK

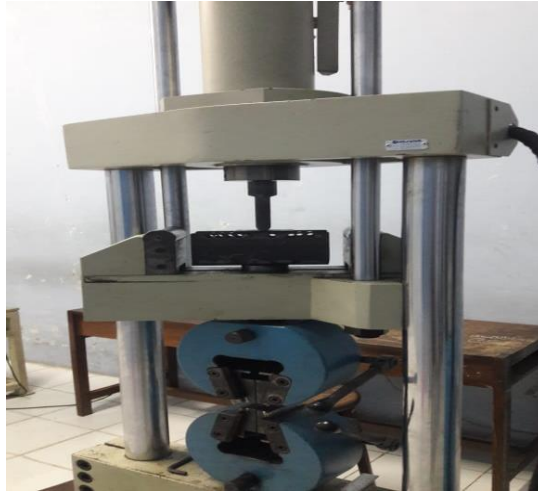


Mesin Uji Tarik



Spesimen Uji Tarik

D. PROSES PENGUJIAN BENDING



Mesin Uji Bending



Spesimen Uji Bending

E. PROSESES PENGUJIAN KEKERASAN



Mesin Uji Kekerasan Vickers



Spesimen Uji Kekerasan



DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA
KABUPATEN TEGAL
UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN
Komplek LIK Takaru Jl. Raya Dampyak KM 4 Tegal Telp/Fax : (0283) 357437
Email : labperintgl@gmail.com website : lab.disperinnaker.tegalkab.go.id



KAN
Komite Akreditasi Nasional
LABORATORIUM PENGUJIAN
LP-396-IDN

LAPORAN UJI KOMPOSISI KIMIA

Laporan No. : 02/2021.70/S/19 Benda Uji : Sesuai ASTM E 415 - 15
Pemakai Jasa : AKHIRRUDIN AKBAR Objek uji : Baja ST 41
SARIDAYAT
Alamat : Universitas Pancasakti Tegal Metode Uji : ASTM E 415 - 15
Suhu : 23 °C Mesin Uji : Spectrotest TXC03
Tgl. Terima : 18 Februari 2021 Jml. Specimen : 1 Pc
Tgl. Pengujian : 18 Februari 2021 Halaman : 1 dari 2

HASIL UJI :

Unsur	Chemical Composition (%)		Test Result (%)
	n ₁	n ₂	
C	0,13	0,13	0,13
Si	0,11	0,12	0,11
Mn	0,53	0,50	0,52
P	0,03	0,04	0,03
S	0,02	0,03	0,02
Cr	0,04	0,03	0,04
Mo	0,00	0,01	0,01
Ni*)	0,02	0,02	0,02
Cu	0,03	0,03	0,03
Fe	98,8	98,8	98,8

*) Tidak termasuk dalam Lingkup.




PERHATIAN :
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji
2. Tidak diperkenankan menggunakan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Disperinnaker Kab. Tegal Kabupaten Tegal



AMETEK
MATERIALS ANALYSIS DIVISION

UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN KAB. TEGAL

Sample Result Name	Type	Measure Date Time	Recalculation Date Time	Origin	Method Name	Method Version	Operator Name	Correction Type	Type Corr Sample Name
19. Baga ST 41020201.705/19	Unknown	19-Feb-21 11:49:17 AM	19-Feb-21 11:49:41 AM	Measured	Fe-10-MO			None	
Check Type	Check Status	Grade Verification Name		Grade Verification Similarity		Grade Search Name		Grade Search Similarity	
None	Not Used			0 %				0 %	
Sample Name	Sample ID	Grade ID	Customer Name						
19. Baga ST 41			020201705/19						

Elements Conc.

Mean	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Al	Co
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.
1	0.13	0.11	0.53	0.029	0.018	0.044	<0.003	0.025	0.004
2	0.13	0.12	0.50	0.038	0.032	0.034	0.008	0.022	<0.003
Q	0.13	0.11	0.52	0.034	0.025	0.039	0.008	0.024	0.009
Mean	0.13	0.11	0.52	0.034	0.025	0.039	0.008	0.024	0.009

Mean	Cu	Nb	Ti	V	W	Pb	Sn	As	Zr	Ca
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.
1	0.032	0.009	0.014	0.002	0.12	0.011	0.014	0.022	0.006	0.004
2	0.033	0.003	0.012	<0.002	0.10	0.013	0.015	0.020	0.006	0.005
Q	0.032	0.006	0.013	0.002	0.11	0.012	0.014	0.021	0.006	0.005
Mean	0.032	0.006	0.013	<0.002	0.11	0.012	0.014	0.021	0.006	0.005

Mean	Ce	B	Zn	La	Fe
	%	%	%	%	%
	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.
1	0.034	0.001	0.019	0.005	98.8
2	0.032	0.002	0.021	0.005	98.8
Q	0.033	0.001	0.020	0.005	98.8
Mean	0.033	0.001	0.020	0.005	98.8



**DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA
KABUPATEN TEGAL**

UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN

Komplek LHK Takara II Raya Dampyak KM 4 Tegal Telp/Fax : (08283) 357437
Email : labperintgl@gmail.com website : lab.perindustri.kabupatertegal.go.id



LAPORAN UJI KOMPOSISI KIMIA

Laporan No. : 09/2020.286/S/73 Benda Uji : Sesuai ASTM E 415 - 15
Pemakai Jasa : AKHIRRUDIN Objek uji : Baja IWF
Alamat : Univ. Pancasila Tegal Metode Uji : ASTM E 415 - 15
Suhu : 27 °C Mesin Uji : Spectrotest TXC03
Tgl. Terima : 03 September 2020 Jml. Specimen : 1 Pcs
Tgl. Pengujian : 03 September 2020 Halaman : 1 dari 2

HASIL UJI :

Unsur	Chemical Composition (%)		Test Result (%)
	n ₁	n ₂	
C	0,14	0,10	0,12
Si	0,24	0,28	0,26
Mn	0,78	0,68	0,73
P	0,00	0,00	0,00
S	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,00	0,01
Mo	0,00	0,00	0,00
Ni ^{*)}	0,01	0,01	0,01
Cu	0,00	0,00	0,00
Fe	98,7	98,7	98,7

*) Tidak termasuk dalam Lingkup.

Tegal, 03 September 2020
Manajer Teknis

EKO SUPRIYANTO, ST.
NIP. 197412312006041093

PERIHALATAN:
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk benda uji yang diuji
2. Tidak dipertanggungjawabkan mengenai kesalahan laporan pengujian ini kecuali seluruhnya tanpa persetujuan tertulis dari UPTD Laboratorium Perindustrian Dinas Perindustrian Kabupaten Tegal



AMETEK
MATERIALS ANALYSIS DIVISION

UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN KAB. TEGAL

Sample Result Name	Type	Measure Date Time	Recalculation Date Time	Origin	Method Name	Method Version	Operator Name	Correction Type	Type Corr Sample Name
BAJA IWF/09/2020.286/S/73	Unknown	03-Sep-20 10:42:55 AM	03-Sep-20 10:44:02 AM	Measured	Fe-15MO		Spectro	None	
Check Type	Check Status	Grade Verification Name			Grade Verification Similarity		Grade Search Name		Grade Search Similarity
None	Not Used				0 %				0 %
Sample Name	Sample ID	Grade ID	Customer Name						
BAJA IWF			09/2020.286/S/73						

Elements Conc.

Units	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Co
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.
1	0.14	0.24	0.78	<0.003	<0.002	0.008	0.004	0.012	0.007	0.005
2	0.10	0.28	0.68	<0.003	0.004	<0.005	<0.003	0.013	0.019	0.008
SP	0.12	0.26	0.73	<0.003	0.003	0.007	0.004	0.012	0.013	0.006
Mean	0.12	0.26	0.73	<0.006	0.003	0.006	0.004	0.012	0.013	0.006

Units	Cu	Nb	Ti	V	W	Pb	Sn	As	Zr	Bi
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.
1	0.003	<0.003	0.007	0.003	0.038	<0.010	0.009	0.013	0.004	<0.030
2	0.004	<0.003	0.011	<0.002	0.071	0.034	0.007	0.038	0.007	<0.030
SP	0.004	<0.003	0.009	0.003	0.065	0.022	0.008	0.028	0.006	<0.030
Mean	0.004	<0.006	0.009	0.002	0.065	0.017	0.008	0.028	0.006	<0.0035

Units	B	Fe								
	%	%								
	Conc.	Conc.								
1	<0.0005	98.7								
2	0.001	98.7								
SP	0.0008	98.7								
Mean	0.0007	98.7								



LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA

HASIL PENGUJIAN TARIK

Variasi Pendinginan	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Pmax (KN)	ΔL (mm)	Tegangan (MPa)	Regangan (%)	Rata-rata Teg. (MPa)
Air	10,13	14,01	23,00	2,24	162,06	4,48	182,86
	10,88	13,97	23,89	2,47	157,18	4,94	
	10,33	14,04	33,26	2,88	229,33	5,76	
Coolant	10,46	14,37	32,77	2,43	218,02	4,86	245,49
	10,36	13,76	35,58	2,66	249,59	5,32	
	10,17	14,61	39,95	2,45	268,87	4,90	
Oli SAE 40	10,26	14,50	38,11	1,93	256,17	3,86	239,84
	10,35	14,29	31,55	2,16	213,32	4,32	
	10,17	14,39	36,59	2,78	250,02	5,56	

Keterangan:

1. Pengujian dilakukan tanggal 26 Desember 2020
2. Pengujian menggunakan Universal Testing Machine
3. Standar spesimen menggunakan ASTM E8



Identitas Penguji :

Nama : Akhirrudin Akbar Saridayat
 NPM : 6414500014
 Institusi : Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal



LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA

HASIL PENGUJIAN BENDING

Variasi Pendinginan	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Pmax (KN)	Defleksi (mm)	Tegangan Bending (MPa)	Rata-rata Teg. Bending (MPa)
Air	10,49	38,51	4,29	2,13	53,15	86,87
	10,50	37,34	9,58	3,87	122,17	
	10,19	38,89	6,56	4,84	85,29	
Coolant	10,09	38,96	9,41	5,12	124,55	112,45
	10,42	38,31	7,46	5,17	94,16	
	10,37	39,30	9,55	6,28	118,63	
Oli SAE 40	10,14	39,12	7,15	5,23	93,32	97,29
	10,47	38,48	8,73	6,17	108,65	
	10,58	39,03	7,48	6,93	89,89	

Keterangan:

1. Pengujian dilakukan tanggal 26 Desember 2020
2. Pengujian menggunakan Universal Testing Machine
3. Standar spesimen menggunakan ASTM E190



Identitas Penguji :

Nama : Akhrrudin Akbar Saridayat
 NPM : 6414500014
 Institusi : Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal

Lembar asli, tidak untuk digandakan



LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA

PENGUJIAN KEKERASAN VICKERS

Variasi Pendinginan	Titik Uji	D1 (mm)	D2 (mm)	D rata-rata (mm)	Kekerasan (VHN)	Kekerasan rata rata (VHN)
Air	1	0,55	0,54	0,55	249,68	251,22
	2	0,53	0,55	0,54	254,32	
	3	0,54	0,55	0,55	249,68	
Coolant	1	0,61	0,65	0,63	186,85	183,01
	2	0,66	0,63	0,65	178,26	
	3	0,64	0,63	0,64	183,92	
Oli SAE 40	1	0,56	0,59	0,58	224,30	227,82
	2	0,54	0,55	0,55	249,68	
	3	0,59	0,60	0,60	209,48	

Keterangan:

1. Pengujian dilakukan tanggal 26 Desember 2020
2. Menggunakan metode Vickers dengan pembebanan 40 kgf



Identitas Penguji :

Nama : Akhrrudin Akbar Saridayat
 NPM : 6414500014
 Institusi : Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal

Lembar asli, tidak untuk digandakan